

DIE PROGNOSE
DER IDIOPATHISCHEN SKOLIOSE
IM FRÜHSTADIUM

Michael Knoell

Aus der Staatlichen Orthopädischen Klinik
der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. med. B. Rosemeyer

DIE PROGNOSE
DER IDIOPATHISCHEN SKOLIOSE
IM FRÜHSTADIUM

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Michael Knoell
aus
Weilheim
Jahr
1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. B. Rosemeyer . . .

Mitherrichterstatter: Prof. Dr. C. J. Wirth . . .

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: . . Dr. L. Löffler

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 2. 7. 1986



drucken + binden
gmbh
Schellingstraße 23
8000 München 40
☎ 089/284445

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit
gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Gliederung

1. Einführung
- 1.1. Definition
- 1.2. Ätiopathogenese
- 1.3. Problematik
- 1.4. Aufgabenstellung
- 1.5. Fragestellung
2. Patientengut und Methode
3. Literaturübersicht zur Prognose und Therapie der idiopathischen Skoliose im frühen Stadium
4. Ergebnisse
- 4.1. Alter und Reife
- 4.1.1. Durchschnittsalter
- 4.1.2. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit vom Alter im zeitlichen Verlauf
- 4.1.3. Risserzeichen
- 4.1.4. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit vom Skelettalter im zeitlichen Verlauf
- 4.1.5. Menarche
- 4.1.6. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von der Menarche im zeitlichen Verlauf
- 4.1.7. Körpergröße
- 4.1.8. Geschlechtsverteilung
- 4.2. Die Relevanz der klinischen Parameter für die Verlaufskontrolle
- 4.2.1. Rippenbuckel
- 4.2.2. Lendenwulst
- 4.2.3. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von Rippenbuckel und Lendenwulst im zeitlichen Verlauf
- 4.2.4. Beckentiefstand
- 4.2.5. Überhang
- 4.2.6. Stehgröße, Sitzgröße, Armspann
- 4.3. Röntgenologische Faktoren
- 4.3.1. Ausgangskrümmung

- 4.3.2. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von der Krümmung im zeitlichen Verlauf
- 4.3.3. Harrington-Index
- 4.3.4. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit vom Harrington-Index im zeitlichen Verlauf
- 4.3.5. Rotation
- 4.3.6. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von der Rotation im zeitlichen Verlauf
- 4.3.7. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von der Höhe des Scheitelwirbels im zeitlichen Verlauf
- 4.3.8. Skoliosetyp und Konvexität
- 5. Diskussion
- 6. Zusammenfassung
- 7. Tabelle
- 8. Bildlegende und Fallbeispiele
- 9. Literaturverzeichnis

Danksagung

Lebenslauf

1. Einführung

1.1. Definition der Skoliose

Unter einer Skoliose versteht man eine Seitverbiegung der Wirbelsäule mit Teileinsteifung unterschiedlichen Ausmaßes mit einer Rotation eines Wirbelsäulenabschnitts und einer Wirbelkörper-torsion, welche aktiv nicht ausgleichbar ist.

Die Skoliose wird nach unterschiedlichen Gesichtspunkten eingeteilt:

1. nach ihrer Ätiologie: a) idiopathisch, b) kongenital, c) traumatisch, d) lähmungsbedingt, e) postinfektiös, f) infolge von Systemkrankheiten
2. nach dem Manifestationsalter: a) Säuglings-skoliose, b) infantile Skoliose, c) juvenile Skoliose, d) Adoleszentenskoliose
3. nach ihrer Lokalisation: a) Cervikalskoliose, b) Thorakalskoliose, c) Lumbalskoliose, d) Thorakolumbalskoliose, e) kombinierte thorako-lumbale Skoliose
4. nach ihrer Konvexität: rechts- bzw. linkskonvex
5. nach ihrer Form: C-förmig, S-förmig, E-förmig

1.2. Ätiopathogenese

Die Ätiologie ist nur bei ca. 20% aller Skoliosen bis heute geklärt; bei etwa 80% (n. Lange u. Hipp 1981; Mau 1982) ist die Ursache unbekannt. Das ist das Kontingent der idiopathischen Skoliosen, deren Ursprung mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln noch nicht gefunden werden konnte. Für diesen überwiegenden Anteil werden nach heutiger Auffassung drei ätiologische Gesichtspunkte diskutiert:

1. eine genetische Disposition
2. ein hormoneller Wachstums- und Stoffwechselfaktor
3. ein wachstumsabhängiger statisch-biomechanischer Faktor (nach: Chapchal u. Waigand 1971; Lange u. Hipp 1982)

Während diese Faktoren bislang noch nicht eindeutig nachgewiesen werden konnten, sind über die Pathogenese der Skoliose genaue Einzelheiten bekannt.

Die in der Definition der Skoliose beschriebenen Merkmale treten in Abhängigkeit von Alter und Wachstum anfangs diskret und später mit zunehmender Tendenz auf. Betroffen von diesen Veränderungen sind die Wirbelkörper, Wirbelbögen und -gelenke, sowie die Rippen im Thorakalbereich. Im Verlauf der Erkrankung kommt es zur Ausbildung einer fixen Rotation mehrerer Wirbel, wobei die Dornfortsätze in die Konkavität drehen. Der betreffende Wirbelsäulenabschnitt zeigt eine laterale Abweichung vom Achsenlot. Im Thorakalbereich führt die Rotation der Wirbel zu einer Mitbewegung der Rippen. Klinischer Ausdruck der Rotation ist daher der Rippenbuckel auf der konvexen Seite, der Lendenwulst contralateral und eine Abflachung des Brustkorbs. Als Sekundärfolgen ergeben sich daraus für die Thoraxorgane funktionelle Störungen (z.B. Einschränkung der Herz- und Lungenfunktion, Bewegungseinschränkungen, Rückenschmerzen). Im Verlauf entstehen durch die pathologischen Zug- und Druckkräfte auf die betroffenen Segmente strukturelle Deformierungen. Erklärbar durch biomechanische Anpassungsprozesse (Hueter-Volkman-Gesetz) treten diese Veränderungen an besonders beanspruchten Flächen auf, wie z.B. an Wirbelbögen und -gelenken (nach: Mau 1982).

Nach neueren Untersuchungen ist eine Torsion des Wirbelkörpers selbst festgestellt worden (Rosemeyer u. Löffler). Strukturelle Verformungen dieser Art sind irreversibel und führen im allgemeinen zur Progredienz der Skoliose, bedingt durch die fortdauernde unphysiologische Belastung der Wirbelsäule.

Gerade für den Verlauf der idiopathischen Skoliose im früh-adoleszenten Alter haben die Faktoren "Alter, Wachstum und Geschlecht" eine zentrale Bedeutung: Während die idiopathische Skoliose vor dem 10. Lebensjahr bei beiden Geschlechtern gleich häufig auftritt, kommt es mit Eintritt in die Pubertät zu einer auffälligen Präferenz des weiblichen Geschlechts. Das Verhältnis beträgt

etwa 7 ♀ : 1 ♂ (Ponseti u. Friedmann 1950; Lindemann 1955; Lange u. Hipp 1981). Ungünstigerweise führt der einsetzende präpubertäre Wachstumsschub zu einer sprunghaften Verschlechterung der Skoliose. Phasen beschleunigten Körperwachstums und gesteigerter Progredienz laufen parallel und erreichen gegen Ende der Skelett reife ihr Maximum (Tanner 1971; Duthie 1971) mit einem Vielfachen der Ausgangswerte von Krümmung und Rotation. Es hat sich jedoch gezeigt, daß der Verlauf der idiopathischen Skoliose nicht einheitlich ist: Bei einem großen Teil der Patienten kommt es zu einer stark wachstumsabhängigen Progredienz. Andere Fälle zeigen jedoch nach initialem Auftreten geringer Krümmung und Rotation ein Sistieren der Progredienz, ja sogar Rückbildungstendenzen. Diese unterschiedlichen Verlaufsformen beschrieb bereits Mehta (The natural History of Infantile Idiop. Skoliosis, 1981) als den Typ der "malignen Formen" (große Progredienz, schlecht ausgleichbare Krümmungen) und der "benignen Formen" (geringe Progredienzrate, Verschlechterung selten über 60°). Des weiteren ist festgestellt worden, daß das Ende des Wachstumsschubs bzw. das Erreichen der Skelett reife, welche auch geschlechtsspezifische Altersunterschiede zeigt, im allgemeinen bei gering- bis mittelgradigen Skoliosen ein Sistieren der Progredienz zur Folge hat (Risser u. Ferguson 1936; Scheier 1967; Collis u. Ponseti 1969; Lange u. Hipp 1981).

1.3. Problematik

Wie die Pathogenese zeigt, kann die idiopathische Skoliose entweder in einer benignen, geringgradigen und komplikationslosen Verlaufsformen auftreten, oder sie kann einen progredienten Verlauf mit strukturellen Veränderungen und irreversiblen Deformationen nehmen. In manchen Fällen konnten Rückbildungstendenzen festgestellt werden.

Ein Grund für diese gegensätzlichen Formen ist nicht bekannt. Folgende Tatsache konnte jedoch oftmals in vielen Untersuchungen bestätigt werden:

Wenn eine Skoliose zu spät und inadäquat therapiert wurde, so gab es keine Chance, den raschen, progredienten Verlauf

aufhalten zu können.

Daraus ergibt sich deshalb die Folgerung, daß die angemessene Therapie frühzeitig einzuleiten ist, bevor die irreversiblen Veränderungen als Schrittmacher zu einer Progredienz führen können. Eine Prognose der beginnenden Skoliose, nach der sich die Art der Therapie richten muß, ist aus mehreren Gründen problematisch:

1. Im Anfangsstadium der Skoliose treten aufgrund ihrer geringen Merkmale oft diagnostische bzw. differentialdiagnostische Probleme auf. (z.B. Abgrenzung zur Skoliose bei Morbus Scheuermann, zu Fehlhaltungsskoliosen u.s.w.)
2. Es sind keine sicheren prognostischen Faktoren bekannt, die eine exakte Verlaufsbeurteilung in diesem Frühstadium erlauben.
3. Die einschlägige Fachliteratur kennt keine Beurteilungsparameter und therapeutischen Richtlinien. Ihre zum Teil recht unterschiedlichen Angaben beziehen sich nur auf höhergradige Skoliosen (ab ca. 25° Krümmung), die jedoch bereits Merkmale einer Progredienz aufweisen.
4. Durch die hohe Anzahl an schlechten Behandlungsergebnissen scheint das bisherige prognostische und therapeutische Schema in Frage gestellt zu sein.

1.4. Aufgabenstellung

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, aussagekräftige Faktoren zu finden und brauchbare Kriterien und Parameter herauszuarbeiten, die eine Prognose und adäquate Therapie der idiopathischen Skoliose im Frühstadium erlauben. Ein Beurteilungsschema soll dabei die Prognosestellung erleichtern.

1.5. Fragestellung

Die Arbeit versucht dieser Aufgabe mit folgenden Fragestellungen näher zu kommen:

1. Lassen sich im Anfangsstadium der idiopathischen Skoliose Faktoren finden, die eine Verlaufsbeurteilung erlauben?
2. Welche Kriterien lassen eine gute bzw. schlechte Prognose erwarten?
3. Welche zuverlässigen prognostischen Parameter lassen sich dazu angeben?
4. Welche therapeutischen Konsequenzen ergeben sich daraus?
5. Zusatzfrage: Gibt es (neue) diagnostische Methoden, die eine frühzeitige und objektive Darstellung von Stadium und Verlauf ermöglichen?

2. Patientengut und Methode

Das Patientengut besteht aus 73 Patienten der Staatlichen Orthopädischen Klinik München Harlaching, die dort aufgrund ihrer idiopathischen Skoliose untersucht und behandelt wurden. Es handelt sich überwiegend um Jugendliche zwischen 10 und 14 Jahren mit frühadoleszenter Thorakal-, Lumbal-, bzw. Thorakolumbalskoliose. Die Patientengruppe besteht aus 63 Mädchen und 10 Buben im Alter von mindestens 4 bis maximal 16 Jahren. Das Durchschnittsalter beträgt 12 1/2 Jahre. Grundlage der Studie bildet die retrospektive Auswertung von Krankenblättern, Verlaufskurven und Röntgenaufnahmen dieser Patienten. Dabei wurden Verläufe von 6 Monaten bis zu 10 Jahren erfaßt, wobei im Durchschnitt ein Zeitraum von 2,4 Jahren ausgewertet wurde.

Alle relevanten Faktoren und Kriterien, die bei Untersuchungen und Kontrollen der Skoliosefälle ermittelt werden konnten, gingen in die Auswertung ein. Sie wurden zusammengestellt aus:

1. den anamnestischen Angaben:
Alter, Geschlecht, Zeitpunkt der Menarche,
Art der bisherigen Behandlung
2. dem klinischen Befund:
Stehgröße, Sitzgröße, Armspann, Rippen-
buckelhöhe, Lendenwulsthöhe, Beckentieft-
stand, Überhang
3. dem röntgenologischen Befund:
Skoliosetyp, Lokalisation, Konvexität,
Scheitelwirbel, Krümmungswinkel (n. Cobb),
Neutralwirbel, Rotationsgrad (n. Moe),
Harringtonfaktor, Risserzeichen

Das Patientengut bestand in allen Fällen aus Skoliosen idiopathischer Genese. Aufgrund der Angaben und Befunde konnten alle übrigen Formen bekannter Genese, wie z.B. Fehlhaltungsskoliosen, statisch bedingte Skoliosen, congenitale Skoliosen u.s.w. ausgeschlossen werden.

ad 1. Anamnestische Angaben

Als wesentliche Fakten für die Auswertung wurde das genaue Alter der Patienten, der Zeitpunkt der Menarche bei den Mädchen, sowie Art und Dauer einer bisherigen Behandlung ermittelt. Diejenigen Patienten, aus deren Anamnese eine Skoliosemanifestation bekannter Genese (siehe Einleitung) hervorging, wurden in der Studie nicht mehr berücksichtigt.

ad 2. Klinischer Befund

Ergab die klinische Untersuchung, daß Skoliosen

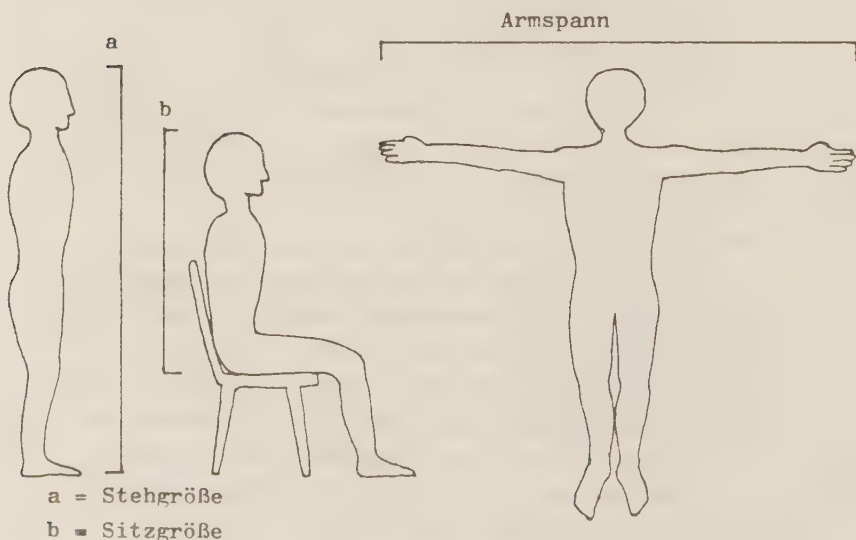
rein statisch durch einen Beckenschiefstand oder durch eine Fehlhaltung bedingt waren, so waren diese Patienten von der Studie ebenfalls ausgeschlossen. Beckentiefstände infolge Beinverkürzung wurden durch untergelegte Brettchen korrigiert. Bei einer Haltungsschwäche bzw. muskulärer Insuffizienz wurde der Armvorhaltetest durchgeführt. Diejenigen Fälle, bei denen noch eine aktive Ausgleichbarkeit der Skoliose feststellbar war, waren bereits per definitionem von den idiopathischen Skoliosen ausgeschlossen.

- a) Bei jeder klinischen Untersuchung bzw. Verlaufskontrolle erfolgte die Messung der Parameter Stehgröße (von Sohle bis Scheitel), Sitzgröße (von Sitzfläche bis Scheitel) und Armspann (von Fingerspitze zu Fingerspitze bei ausgebreiteten Armen). (siehe Abb. 1 ff. Seiten)
- b) Die Messung von Rippenbuckel bzw. Lendenwulst, der klinischen Ausprägung der Wirbelsäulenrotation, wurde am Patienten in vorgebeugter Rumpfhaltung bei ca. 90° vorgenommen. (siehe Abb. 2 und 3 Seite 11)

Ein eventuell vorhandener Beckentiefstand wurde mit Unterlagen entsprechender Dicke korrigiert, um statisch bedingte fehlerhafte Werte von Rippenbuckel, Lendenwulst und Krümmung zu vermeiden.

Die Messung selbst geschah durch Markierung der höchsten Punkte des Rippenbuckels bzw. Lendenwulstes, sowie der contralateralen Bezugspunkte im Rippen- bzw. Lendental; der senkrechte Abstand zur Horizontalen durch den Scheitelpunkt des Rippenbuckels bzw. Lendenwulstes ergab die jeweilige Meßgröße. Die exakte Messung erfolgte mit dem Rippenbuckelmeßgerät nach Goetze seit vier Jahren.

- c) Bei der Inspektion des Patienten in Neutralnullstellung wurde darauf gesehen, daß sich die Wirbelsäule im Lot befindet. Dazu legten wir ein Maßband senkrecht an den Dornfortsatz des siebten Halswirbels an. Bei einer seitlichen Verschiebung des Thorax gegenüber dem Becken liegt das Lot parallel zur Sacrummitte bzw. Rima ani, so daß diese waagrechte Strecke den gesuchten Thoraxüberhang (in cm) ergibt. (siehe Abb. 4 Seite 12)
- d) Zur Beurteilung eines Beckentiefstandes gehörte die Inspektion und manuelle Untersuchung. Nach Palpation und Markierung der Spinae iliacae post. sup. wurde durch Anlegen des Meßgerätes nach Goetze geprüft, ob die Fixpunkte des Beckens waagrecht liegen. Ein Beckentiefstand kann so durch Messung der vertikalen Strecke zwischen Fixpunkt und Horizontallinie bestimmt werden. (siehe Abb. 6 Seite 13)



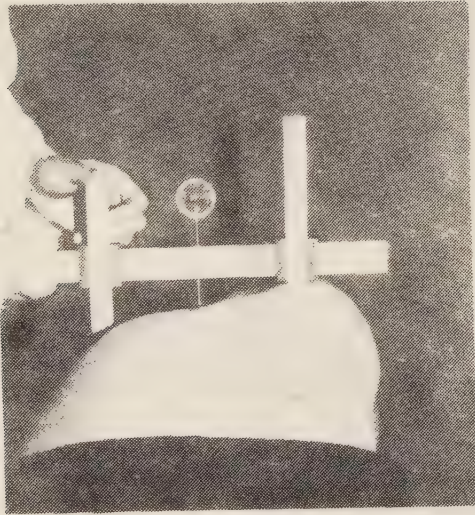


Abb. 2 : Messung
des Rippenbuckels
mit dem Meßgerät
(nach Goetze).

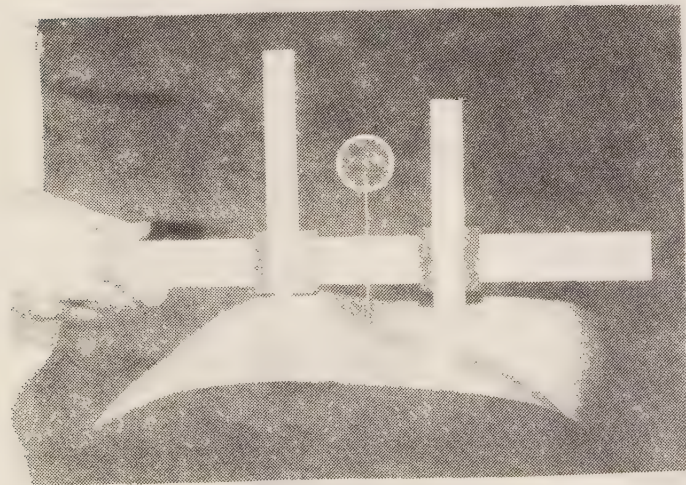


Abb. 3 : Messung des Lendenwulstes mit dem
Meßgerät (n. Goetze).

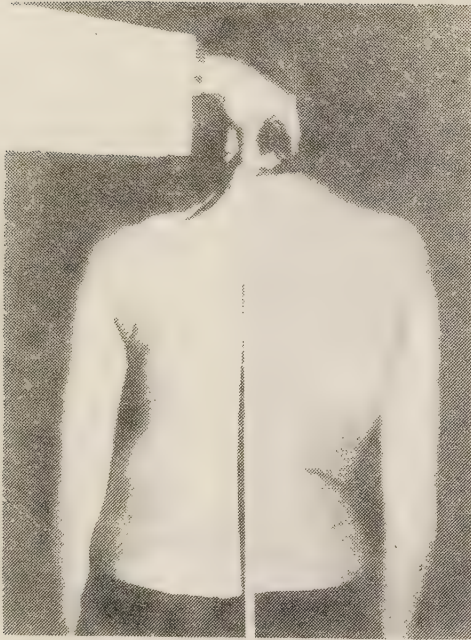


Abb. 4 : Klinische
Messung des Thorax-
überhanges mit einem
Maßband.

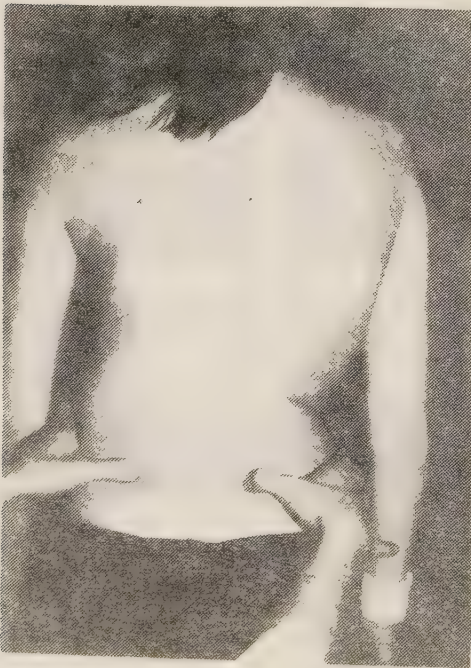


Abb. 5 : Klinische
Untersuchung des
Beckentiefstandes.

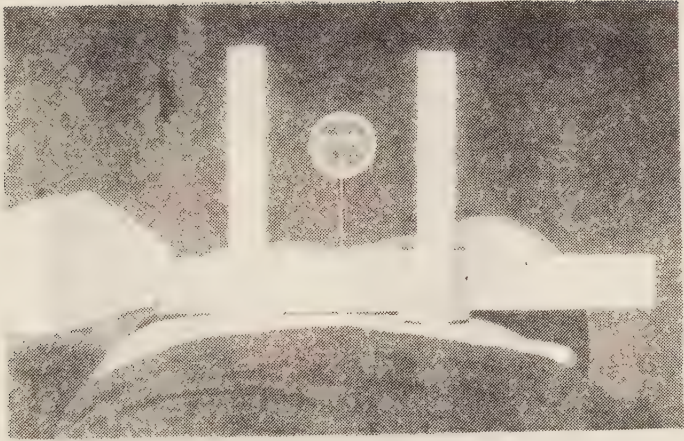


Abb. 6 : Messung des Beckentiefstandes
mit dem Meßgerät (n. Goetze).

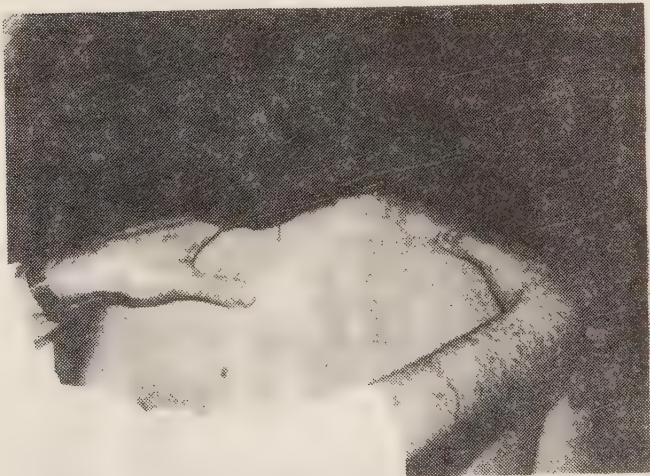


Abb. 7 : Untersuchung des Schulterhochstandes.

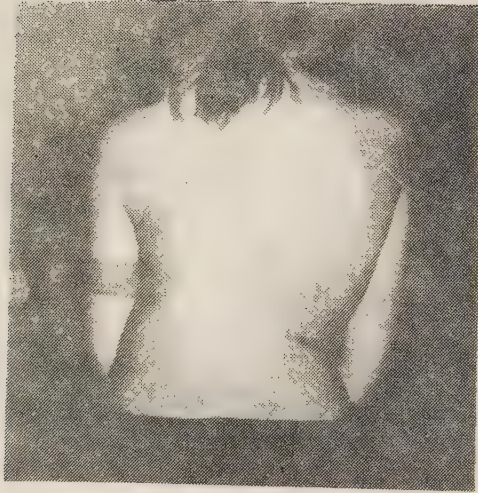


Abb. 8 : Darstellung und
Messung der Taillendreiecke.

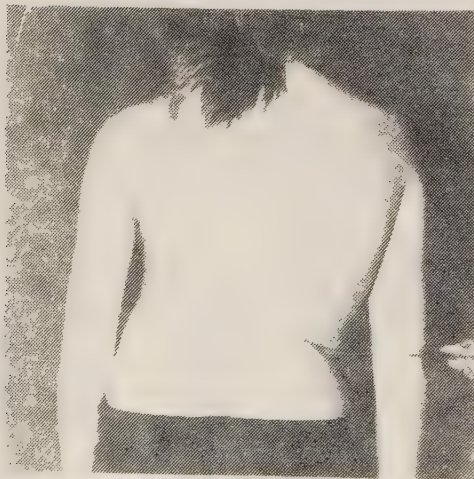


Abb. 9 : Darstellung und
Messung der Taillendreiecke.

ad 3. Röntgenologischer Befund

Die klinische Untersuchung wurde immer ergänzt durch eine p.a. Röntgenaufnahme der ganzen Wirbelsäule. Die Aufnahme erfolgte am stehenden Patienten (Neutralnullstellung) mit einem Rasterbild im standardisierten Abstand (2 Meter) von der Röhre. Bei der Aufnahmetechnik wurde besonders darauf Wert gelegt, daß immer Schulter- und Beckengürtel abgebildet waren und keine Rotationsfehlstellungen vom Patienten verursacht wurden. Bei Erstuntersuchungen wurde zusätzlich eine Seitenaufnahme angefertigt; die Kontrollbilder wurden in halbjährlichen Abständen aufgenommen.

- a) Die Beurteilung der Röntgenbilder begann mit der Festlegung der Lokalisation der Skoliose, bzw. dem Sitz der Primärkrümmung bei mehrbogigen Formen (siehe 1.1.). Dabei wurde die genaue Lage des Scheitelwirbels bestimmt, welcher definitionsgemäß der am meisten gedrehte und am wenigsten gekippte Wirbel ist. Gleichzeitig wurde dabei die Seite der Konvexität vermerkt.
- b) Nach der Festlegung von Primär- und Sekundärkrümmung wurde der Krümmungswinkel nach der Methode von Cobb bestimmt. (siehe Abb. 10 S.16) Für die Messung werden die Neutralwirbel benötigt; diese krümmungsbegrenzenden Wirbel erscheinen im Bild am meisten gekippt und am wenigsten gedreht. Auf die Verlängerungslinie der Grundplatte des unteren - und der Deckplatte des oberen Neutralwirbels wurde jeweils das Lot gefällt. Die sich schneidenden Lotrechten bildeten einen spitzen Winkel, den sog. Krümmungswinkel, dessen Größe mithilfe eines Winkelmessers abzulesen ist.

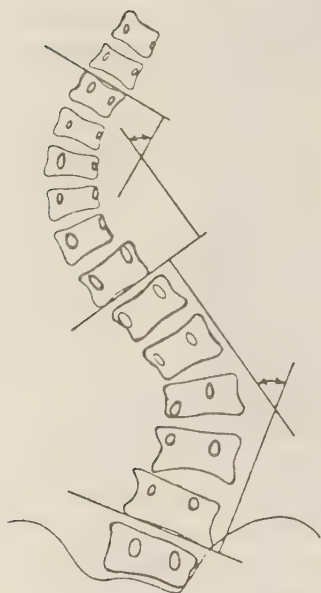


Abb. 10: Bestimmung des Skoliosewinkels nach Cobb. Auf die Parallelen der Deck- und Bodenplatten der Neutralwirbel wird das Lot gefällt. Die sich schneidenden Linien bilden den Krümmungswinkel. (Abbildung nach: "Die Lumbalskoliose", Bücherei des Orthopäden, Bd. 26, Enke Verlag 1980)

c) Die Bestimmung des Rotationsgrades erfolgte nach der Methode von Moe am Scheitelwirbel. Sie erlaubt eine Einteilung in die Stadien 0 - IV und basiert auf der Unterteilung des Scheitelwirbels von der Mitte bis zum Rand in drei gleichgroße Segmente. (siehe Abb. 11 S.13)

Stadium 0: Die Kontur der Bogenwurzeln bilden sich am lateralen Rand des Wirbelkörpers beidseits symmetrisch von der Mittellinie ab, wobei sich die Kontur auf die Wirbelkörper projiziert.

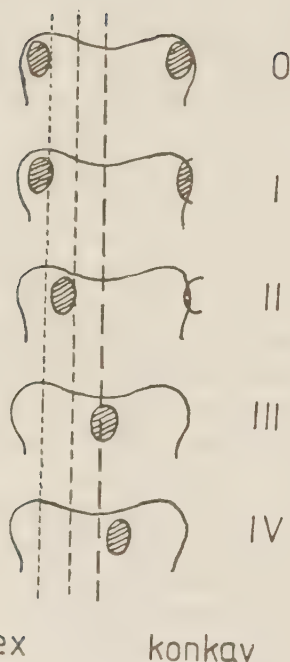
Stadium I: Die laterale Bogenwurzelkontur auf der konkaven Seite beginnt zu verschwinden bzw. sich über den Rand etwa zur Hälfte abzubilden. Auf der konvexen Seite wandert die Bogenwurzel nach medial, liegt aber noch im lateralen Segment.

Stadium II: Auf der konkaven Seite verschwindet die Bogenwurzel, d.h. sie steht fast oder bereits außerhalb des lateralen Randes. Konvexseitig wandert die Kontur in das II. Segment.

Stadium III: Die Bogenwurzel ist auf der konkaven Seite ganz verschwunden. Auf der konvexen Seite steht die Kontur im III. bzw. mittleren Segment oder über der Medianlinie.

Stadium IV: Die zur konvexen Seite zugehörige Bogenwurzel wandert über die Mittellinie in Richtung auf den gegenüberliegenden Wirbelkörperperrand. Die Bestimmung der Rotation anhand der Dornfortsätze ist ungeeignet, da sie sich schlecht abschätzen läßt und ungenau ist. (n. Löffler u. Rosemeyer, 1984 MMW 126 s.117)

Abb. 11: Bestimmung der
Rotation nach Moe



Stadium 0: Keine Asymmetrie
der Bogenwurzeln

Stadium I: Bogenwurzel beginnt
konkavseitig zu verschwinden

Stadium II: Bogenwurzel (kon-
kavseitig) verschwindet. Bogen-
wurzel konvexseitig wandert
zum 2. Segment

Stadium III: Bogenwurzel kon-
vexseitig wandert zum mitt-
leren Segment

Stadium IV: Bogenwurzel wan-
dert über die Mittellinie zur
konkaven Seite

- d) Als weiteres Kriterium wurde die Ausdehnung der Krümmungen ermittelt; dazu wurde der Harrington-Faktor bestimmt. Er errechnet sich aus dem Verhältnis des gemessenen Krümmungswinkel in Grad (n. Cobb) zu der Anzahl der beteiligten Wirbelkörper der Krümmung. Die Zahl beinhaltet jeweils alle Wirbel einschließlich vom oberen bis zum unteren Neutralwirbel. Dieser Faktor gibt durch die Relation von Krümmungswinkel zu Wirbelkörperzahl an, ob es sich um eine kurzbogige oder langbogige Krümmung handelt. Im Gegensatz zu den langbogigen Skoliosen treten bei den Kurzbogigen auf der konkaven Seite höhere Druckkräfte bzw. auf der kon-

-vexen Seite stärkere Zugkräfte auf, die selbst wiederum zu strukturellen Veränderungen führen können. Der Harrington-Faktor ist nicht nur ein Maß für den Krümmungsradius, sondern auch ein Hinweis auf die beteiligten Druckkräfte und somit von prognostischer Relevanz.

- e) Ein wesentlicher Bestandteil der Auswertung der Röntgenbilder war die Bestimmung der Skelettreife. Als prognostische Kriterien wurden dazu die Entwicklungsstadien der Apophysen der Darmbeinkämme herangezogen, die über die Skelettreifung während des pubertären Wachstums Aufschluß geben. Mit der Methode nach Risser lassen sich Lage und Entwicklung der Apophysen in vier Stadien einteilen. Wesentlich ist, daß die Apophysen erst zu Beginn der Pubertät röntgenologisch sichtbar werden. Sie erscheinen allmählich über dem anterolateralen Rand der Darmbeinkämme - bei Mädchen früher als bei Buben -, und wachsen zunehmend in mediodorsaler Richtung. Das Wachstum der Wirbelsäule wird im allgemeinen als abgeschlossen betrachtet, wenn als letzter der mediale Anteil der Apophysen mit dem Darmbeinkamm röntgenologisch verschmolzen erscheint. (siehe Abb. 12 S. 20)

Stadieneinteilung nach Risser

- Stadium 0 : Die Apophysen sind noch nicht sichtbar.
- Stadium I : Die Beckenkammapophyse ist röntgenologisch am äußersten anterolateralen Rand gerade erkennbar.
- Stadium II : Die Apophysen erreichen im Laufe ihrer Entwicklung gerade die Mitte des Beckenkamms.

Stadium III : Sie wächst in mediodorsaler Richtung über die Mitte hinweg und erreicht 3/4 ihrer Größe.

Stadium IV : Die Apophyse ist in ihrer ganzen Länge ausgebildet und verbindet sich von medial zunehmend mit dem Beckenkamm.

Anmerkung: Bei der Auswertung der Röntgenbilder wurden nur idiopathische Skoliosen berücksichtigt. Congenitale Skoliosen, sowie Skoliosen mit Wirbelkörperfehlbildungen oder Anomalien im lumbosacralen Übergang waren ausgeschlossen.

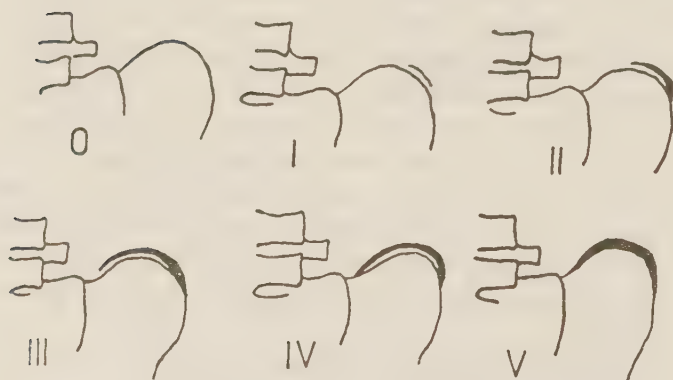


Abb: 12

Einteilung der Risserstadien: Stadium 0 - Beckenkammapophyse nicht erkennbar. Stadium I - Apophyse erscheint lateral. Stadium II - sie erreicht die Mitte der Beckenschaufel. Stadium III - sie überschreitet die Mitte nach medial. Stadium IV - Apophyse taucht in die Beckenrichtung. Stadium V - Sie verschmilzt mit dem Beckenkamm.

Einteilung des Patientengutes in Gruppen:

Anhand der ausgewerteten Krankenblätter, Röntgenbefunde und Verlaufskurven eines jeden Patienten unseres Kollektivs konnten wir feststellen, daß durch vier Basismerkmale das Krankengut in die folgenden vier Gruppen aufteilbar war:

Gruppe A : Verschlechterung der Skoliose unter Korsetttherapie
abgekürzt: (- m.K.)

Gruppe B : Verbesserung bzw. Konstanz der Skoliose unter
Korsetttherapie. abgekürzt: (+ m.K.)

Gruppe C : Verschlechterung der Skoliose unter alleiniger
Krankengymnastik. abgekürzt: (- o.K.)

Gruppe D : Verbesserung bzw. Konstanz der Skoliose unter
alleiniger Krankengymnastik. abgekürzt: (+ o.K.)

Diese Einteilung wird im weiteren Verlauf der Auswertung und Diskussion beibehalten.

Basismerkmale:

Innerhalb des Beobachtungszeitraums zeigten die Patienten:

1. eine Verschlechterung der Skoliose im Sinn einer Zunahme der Ausgangskrümmung.
2. eine Verbesserung der Skoliose im Sinn einer Abnahme bzw. Konstanz der Ausgangskrümmung.

Die Patienten unterschieden sich hinsichtlich ihrer Therapie:

3. es wurde eine Behandlung mit Korsett durchgeführt
(Boston-Korsett, Milwaukee-Korsett, Cheneau-K.)
4. es wurde nur mit Krankengymnastik behandelt.

3. Literaturübersicht zur Prognose und Therapie der idiopathischen Skoliose

Die folgenden exemplarischen Textauszüge aus der Fachliteratur sollen einen allgemeinen Überblick über prognostische und therapeutische Kriterien im frühen Stadium der idiopathischen Adoleszentenskoliose geben.

Blount, W.P. (1981)

- Kriterien für die Korsettversorgung:

- 1) Skelettreife
- 2) Krümmung
- 3) Rippenbuckel und Lendenwulst
- 4) Anzahl und Lage der Krümmungen
- 5) psychischer Status
- 6) sozialökonomische Faktoren

- Schlechte Prognose: bei bestehenden strukturellen Veränderungen und irreversiblen Kontrakturen

- Korsettindikation:

- 1) bei Mädchen im Alter von 15 Jahren: "Nicht akzeptable Krümmung" (siehe Literaturverzeichnis 4)
- 2) bei 20° Krümmung: die Progredienz
- 3) bei 30° Krümmung mit Rippenbuckel: obligat

Brooks, H.L. (1977)

- Verbesserung ohne Therapie in 22,4% der Fälle im Alter von 13,2 Jahren
- Verschlechterung ohne Therapie in 5,2% der Fälle im Alter von 13,3 Jahren
- Verbesserung war nicht geschlechtsspezifisch oder gebunden an einen Skoliosetyp

Chapchal, G./ Waigand, D. (1971)

- Dauernde pathologische Belastungen bei Krümmungen über 20° führen zu Umbauerscheinungen. Das konkavseitig gelegene Wirbelgelenk wird zu einem tragfähigen Gelenk umgebaut und verschiebt sich im Rahmen einer Gesamttorsion innerhalb des Wirbels nach ventral. Eine Progredienz ist umso wahrscheinlicher, je größer die Krümmung, je schlechter ihr Ausgleich und je länger der Patient im Wachstumsschub ist.
- Der Harrington-Faktor überschreitet bei physiologischen Bewegungen nie den Wert von 1,5 - 2 .
- Scheitelwirbel bei Adoleszentenskoliose sind häufig bei L_1 , L_2 , L_3 lokalisiert.

Collis, D.K./ Ponseti, J.V. (1969)

- Geringste Progredienz bei verwachsenen Darmbeinkammapophysen
- Prognose ist abhängig vom Alter: Skoliosen mit Beginn im infantilen und juvenilen Alter neigen zu starker Deformierung. Frühe Adoleszentenskoliosen vor Wachstumsabschluß neigen eher zu mäßiger Progredienz.
- Es besteht eine Korrelation zwischen Skolioseentstehung und Knochenwachstum.
- Je später das Auftreten der Skoliose, desto geringer ist die Progredienz.
- Bei höhergradigen Skoliosen tritt in 1/3 der Fälle nach Skelettreife eine Progredienz auf.
- Unbehandelte Skoliosen über 60° lassen schwere Deformationen und eine eingeschränkte Vitalkapazität erwarten.

Duval / Beaupère (1967/1970) Zit. in: Die Ätiopathogenese der Skoliose, (Mau 1982)

- Der Reifeindex ist für die Wachstumsprognose von Bedeutung.

Heine, J. (1980)

- Stärkste Progredienz bei Mädchen mit 14 Jahren, bei Buben mit 16 Jahren
- Im Alter von 11 - 15 Jahren ist die Progredienz viermal höher als zwischen dem 21. und 30. Lebensjahr.
- Die Progredienz ist bei Lumbalskoliosen in der Pubertät vergleichsweise geringfügig, daher prognostisch günstig.
- Andere Skoliosen außer Lumbalskoliosen zeigen "keine einheitliche Tendenz zu Besserung oder Progredienz bei Krümmungen unter 15° ". Zit. aus: Die Lumbalskoliose heine (1980) siehe Literaturverzeichnis .
- Je größer der Winkel, desto stärker ist auch die Rotation.
- Am häufigsten hatten die Lumbalskoliosen Rotationsgrad II nach Moe.
- Nach Heine besteht eine signifikante Beziehung zwischen dem Rotationsgrad des Scheitelwirbels und der Ausprägung spondylarthrotischer Veränderungen.
- Bei Lumbalskoliosen waren die Scheitelwirbel bei L_1 und L_2 lokalisiert.
- Je mehr Wirbelkörper pro Krümmung, desto größer ist der Krümmungswinkel.
- Je größer die Krümmung, desto größer ist der Thoraxüberhang.
- Bei bestehender Beinlängendifferenz, die nicht ausgeglichen wurde, ist mit einer starken Progredienz zu rechnen.

James, J.P. (1954)

- Die Prognose ist umso schlechter, je früher die Skoliose beginnt, je höher die Endkrümmung wird und je höher der Scheitelwirbel lokalisiert ist.

Lange, M. / Hipp, E. (1981)

- Skoliosen sind zu 80% idiopathisch.
- Im Alter von 10 bis 11 Jahren ist die Häufigkeit bei Buben und Mädchen in etwa gleich. Bei Mädchen kommt es später im Verlauf zu einer Verschlechterung.
- Therapie: bis 30° Krümmung konservativ ohne Orthese
 30° bis 50° mit Orthese
 über 50° mit Operation
- Lumbalskoliosen sollten schon bei 10° bis 20° mit Krankengymnastik allein therapiert werden; Ausnahme: Auftreten einer Progredienz und nicht verwachsene Darmbeinkammaphysen.
- Langbogige Skoliosen sind besser therapierbar.
- Die Vitalkapazität ist proportional zur Schwere der Skoliose eingeschränkt.

Lindemann, K. (1958)

- Nach dem 10. bzw. 12. Lebensjahr manifestiert sich die Skoliose überwiegend bei Mädchen.

Matzen, K.A./ Milachowski, K./ Weinhart, R. (1983)

- Häufigkeit der idiopathischen Skoliose: 84% .
- Verhältnis von Mädchen zu Buben: 7 : 1 .
- Die Notwendigkeit der Korsettversorgung ist neben Krankengymnastik abhängig vom Alter, vom noch zu erwartenden Skelettwachstum, vom Krümmungswinkel (20° bishöchstens 50° n. Cobb).
- Korsettindikation besteht bei klinisch und röntgenologisch erkennbarer Progredienz bei Skoliosen unter 20° .
- Bei Krümmungen zwischen 10° und 30° trat Besserung in 48% der Fälle auf; zwischen 31° und 50° in 26% d. Fälle.
- Nur bei Skoliosen unter 30° zeigte sich eine eindeutige Verbesserung durch Korsett.
- Bei Skoliosen über 50° weiterbestehende Progredienz trotz Korsett, deshalb Operation erforderlich.

Mau, H. (1982)

- Je größer die Rotation und Krümmung, desto größer ist auch die Progredienz.
- Irreversible Asymmetrie der Zwischenwirbelräume ist ein Hinweis für Progredienz.
- Pathologisch starker Dauerdruck auf die konkave Seite, Abschlußplatten und Wirbelgelenke dürfte Schrittmacher für die Progredienz sein.
- Erklärung von spontanen Rückbildungen leichter Skoliosen nach Rückgang der Druckkräfte mit dem Hueter-Volkman-schen und Pauwel-schen Gesetz.
- Skoliose bei M. Scheuermann zeigt keine Rotation und keine Progredienz.

Nilsson, U./ Lundgren, K.D. (1968)

- Mortalität der idiopathischen Skoliose ist 2,2fach höher als in der Normalbevölkerung.
- Herz- und Lungenkrankheiten waren in 60% die Todesursache bei Patienten mit hochgradiger Skoliose.

Ponseti, J.V./ Friedmann, B. (1950)

- Je früher der Beginn einer Skoliose, desto höher ist die Endkrümmung.
- Prognostische Faktoren:
 1. Skoliosetyp
 2. Alter bei Beginn der Skoliose
 3. Strukturelle Veränderungen und pathologische Zwischenwirbelräume
 4. Progredienz
- Thorakalskoliosen zeigen schnellere Progredienz, erreichen höhere Grade, erzeugen größere Deformationen und beginnen früher als andere Skoliosetypen.

- Thorakolumbalskoliosen sind im allgemeinen prognostisch günstig.
- Bei Buben ist wegen späterer Skelettreife eine Progredienz bis zu zwei Jahren länger zu erwarten als bei Mädchen.
- Meistens ist eine starke Progredienz ab dem 10. Lebensjahr festzustellen.

Ponte, A. (1982): Zit. in: Mau, H.

"Zur Ätiopathogenese der Skoliose"

- Nicht alle Skoliosen sind progredient, sondern nur diejenigen mit strukturellen Veränderungen und fixer Rotation.
- Bei progredienten Fällen mit Rotation und keilförmigen Wirbelkörpern ist keine Korrektur möglich.
- Die Prognose ist abhängig vom Rotationsgrad.
- Ist der Rippenbuckel größer als folgende Grenzwerte, so tritt immer eine Progredienz auf, egal wie hoch die Krümmung ist: (Ergebnis eines Patientengutes von 5000 Fällen)
 - 11 mm für einzelne Dorsalkrümmungen
 - 10 mm für einzelne Dorsolumbalkrümmungen
 - 9 mm für Lumbalkrümmungen
 - 8 mm für doppelte Dorsalkrümmungen
- Die Korsettversorgung ist bei einem Rippenbuckel von 11 mm und einer Krümmung von 20° indiziert.

Risser, J.C./Ferguson, A.B. (1936)

- Bei allen Patienten (n= 255) trat eine Progredienz nur während der Wachstumsperiode auf und nicht später.
- Verstärktes Auftreten der Progredienz im Wachstumsschub.
- Bei Mädchen kommt es im Alter von 16 Jahren, bei Buben mit 17 Jahren zum Wachstumsabschluß mit Anhalten der Progredienz.
- Bei Risserstadien 0 - III hatten 44% der Patienten einen progredienten Verlauf.
- Bei geringen Krümmungen konnte keine Progredienz festgestellt werden.

Scheier, H.J.G. (1967)

- Prognostische Kriterien:

1. Je jünger, umso schlechter ist die Prognose.
Entscheidend sind Alter und Risserzeichen.
2. Je höher der Scheitelwirbel über Th₈ und Th₉ sitzt, desto ungünstiger ist die Prognose.
3. Das Auftreten einer Progredienz ab Krümmungen von 25° (Cobb).
4. Eine präpubertäre Progredienz ist prognostisch sehr ungünstig.
5. Eine Progredienz hört im allgemeinen mit dem Wachstumsabschluß (Risser IV) auf.

Tanner, J.M. (1971)

- Bei Mädchen wächst die Wirbelsäule noch bis zu zwei Jahren nach ihrer Menarche.

Torrell, G./ Nachemson, A./ Nordwall, A. (1981)

- Das Korsett ist indiziert ab Krümmungen von 25°.
- Eine Operation ist indiziert ab Krümmungswinkeln von 40°.
- Häufigkeit der idiopathischen Skoliose: 1,6 Fälle bei 1000 Jugendlichen.

Weinstein, S.L./ Zavala, D.C./ Ponseti, J.V. (1981)

- Bei Adolescentenskoliosen gibt es eine signifikante Korrelation zwischen reduzierter Vitalkapazität, bzw. expiratorischen Sekundenvolumen und schweren Thorakalskoliosen.
- Die Mortalitätsrate liegt nicht höher als bei der Normalbevölkerung.
- Thorakalskoliosen zwischen 50° und 80° sind nach Skelettreifung weiter progredient.
- Die Operationsindikation bei erfolgloser konservativer Therapie von Thorakalskoliosen besteht bei Krümmungen ab 50° (Cobb).

4. Ergebnisse

4.1. Alter und Reife

4.1.1. Durchschnittsalter bei Therapiebeginn

Das durchschnittliche Alter bei Diagnosestellung und Therapiebeginn betrug bei allen verschlechterten Skoliosen 12,3 Jahre. Bei allen Skoliosen mit konstantem bzw. gebesserten Verlauf waren es 13,3 Jahre, d.h. diese Patienten waren im Schnitt ein Jahr älter.

Das Lebensalter in den einzelnen Gruppen:

Gruppe A (-m.K.):	12,3 Jahre	ca. 41,1%
Gruppe B (+m.K.):	13,2 Jahre	ca. 38,4%
Gruppe C (-o.K.):	12,1 Jahre	ca. 6,8%
Gruppe D (+o.K.):	13,2 Jahre	ca. 13,7%
Patientengut:	73 Fälle	= 100%

Aus der Tabelle geht hervor, daß die Patienten mit einer guten Prognose, deren Skoliosen mit bzw. ohne Korsett gebessert oder konstant gehalten werden konnten, im Durchschnitt etwa ein Jahr älter waren. Demgegenüber standen die Patienten mit progredienter Skoliose, die durchschnittlich 12,2 Jahre alt waren, d.h. sich mitten im Wachstumsschub befanden.

4.1.2. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit vom Alter im zeitlichen Verlauf

Das Lebensalter der Patienten wurde in Beziehung zur Krümmungszunahme gesetzt. Die Altersverteilung ergab sich durch das Verteilungsmuster der Patienten.

Alter bei Therapiebeginn		Progredienz in Grad pro 6 Monate
4 - 12 Jahre	...	$2,0^0$
13 Jahre	...	$1,4^0 \pm 4,2^0$
14 - 15 Jahre	...	$1,2^0 \pm 3,2^0$
16 Jahre	...	$0,75^0 \pm 1,7^0$

(siehe Bildlegende Abb. 13)

Folgende Aussagen lassen sich aus Tabelle und Graphik ableiten:

- a) Je jünger der Patient (im pubertären Zeitraum) ist, desto höher und schneller ist die Krümmungszunahme pro Zeit.
- b) Die größte Progredienz tritt im stärksten Wachstumsschub um das 12. Lebensjahr auf.
- c) Je später die Skoliose sich manifestiert, umso geringer sind die Auswirkungen des Wachstumsschubs und desto günstiger ist die Prognose.
- d) Damit ist bewiesen, daß die Krümmungszunahme mit dem pubertären Wachstum korreliert.
- e) Die leichte Progredienz im 16. Lebensjahr erklärt sich aus der Tendenz höhergradiger Skoliosen zur Spontanverschlechterung.

Bei denjenigen Patienten, deren Skoliose vor dem 12. Lebensjahr auftrat, kam es nur bei 20% der Fälle zu einer Verbesserung bzw. Konstanz des Krümmungsverhaltens. Demzufolge hatten etwa 80% aller Patienten mit Skoliosemanifestation vor dem 12. Lebensjahr einen schlechten Verlauf. Ab dem 14. Lebensjahr konnte bereits bei 65% der Patienten eine Verbesserung bzw. Konstanz ihrer Krümmung beobachtet werden.

4.1.3. Risserzeichen

In den einzelnen Gruppen konnten folgende Risserstadien im Röntgenbild ermittelt werden:

Gruppe A (-m.K.)	...	Risserstadium I / $\pm$ I
Gruppe B (+m.K.)	...	Risserstadium II / $\pm$ I
Gruppe C (-m.K.)	...	Risserstadium I
Gruppe D (+m.K.)	...	Risserstadium II - III
(Durchschnittswerte)		

Während die Patienten mit verschlechterter Skoliose im Durchschnitt Risserstadien zwischen 0 und II hatten, zeigten die Patienten mit guter Prognose, d.h. mit gebesserter oder konstant gehaltener Skoliose, daß sie deutlich in ihrer Entwicklung fortgeschrittener waren und Risserzeichen zwischen Stadium II und III hatten. Der Entwicklungsstand der verschlechterten Skoliosen korreliert auch mit dem Lebensalter dieser Patienten; diese waren bei Skoliosebeginn etwa 12 Jahre alt und befanden sich im Wachstumsschub.

4.1.4. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit vom Skeletalter (Risserstadien) im zeitlichen Verlauf

a) bei thorakalen Krümmungen:

Risserstadien	Progredienz in Grad/ 6 Monate
0 - I	$3,2^0 \pm 4,6^0$ / 6 Mon.
II	$0,8^0 \pm 1,5^0$ / 6 Mon.
III	$0^0 + 3^0$ / 6 Mon.
IV	$0,33^0 \pm 2,2^0$ / 6 Mon.

(siehe dazu Bildlegende Abb. 14)

Bei Risser 0 trat eine Besserung in 16% d. Fälle ein.
Bei Risser II trat eine Besserung in 50% d. Fälle ein.
Bei Risser III trat eine Besserung in 50% d. Fälle ein.
Bei Risser IV trat eine Besserung in 66% d. Fälle ein.

b) bei lumbalen Krümmungen:

Risserstadien	Progredienz in Grad/ 6 Monate
0 - I	$3,6^{\circ} \pm 4,0^{\circ}$ / 6 Mon.
II	$- 0,6^{\circ} \pm 2,8^{\circ}$ / 6 Mon.
III	$- 0,5^{\circ} \pm 3,8^{\circ}$ / 6 Mon.

(siehe dazu Bildlegende Abb. 15)

Bei Risser 0 - I trat eine Besserung in 20% d. Fälle ein.
Bei Risser II trat eine Besserung in 50% d. Fälle ein.
Bei Risser III trat eine Besserung in 55% d. Fälle ein.

Aus den Tabellen und Graphiken geht hervor:

1. Je jünger die Patienten sind (gemäß ihrer Risserstadien), umso größer ist die Progredienz.
2. Im Risserstadium 0 - I ist die größte durchschnittliche Progredienz zu verzeichnen.
3. Bei Risser II - IV ist im Thorakalbereich fast keine Progredienz aufgetreten; bei Risser II - III ist sogar ein Rückgang der Krümmung zu sehen.
4. Daraus läßt sich ableiten, daß die Tendenz zur Krümmungsverschlechterung umso stärker ausgeprägt ist, je früher sich die Skoliose in der Phase der Skelettreifung manifestiert. Je länger das noch zu erwartende Knochenwachstum andauert, umso ungünstiger ist der Verlauf.

4.1.5. Menarche

Um die Untersuchung der Beziehungen zwischen biologischer Reife und Skolioseverlauf zu vervollständigen, wurde bei Mädchen der Zeitpunkt ihrer Menarche ermittelt:

Gruppe A (-m.K.) ...	nur bei 11% war die Menarche vor durchschnittlich 1,5 Monaten eingetreten.
Gruppe B (+m.K.) ...	57% hatten ihre Menarche vor ca. 6.4 Monaten.
Gruppe C (-o.K.) ...	etwa 50% bekamen ihre Menarche vor 1,5 Monaten
Gruppe D (+o.K.) ...	78% hatten bereits ihre Menarche; diese war vor ca. 1/2 Jahr eingetreten.

Diejenigen Patienten, deren Skoliose einen guten Verlauf nahm, hatten in einem höheren Prozentsatz und zu einem früheren Zeitpunkt ihre Menarche bekommen, als die Patienten mit den verschlechterten Skoliose. Je länger die erste Regelblutung zurücklag, umso günstigere Verläufe konnten beobachtet werden. Der größte Anteil der schlechten Verläufe konnte man bei den Mädchen ohne eingetretene Menses finden. Dieses Ergebnis steht in deutlicher Korrelation zu den Aussagen über Lebensalter und Risserstadien.

4.1.6. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von der Menarche im zeitlichen Verlauf

b) bei thorakalen Krümmungen:

Eintritt der Menarche	Progredienz in Grad
vor 0 Monaten	pro 6 Monate
	$2,5^0 \pm 3,0^0 / 6 \text{ Mon.}$

Eintritt der Menarche	Progredienz in Grad pro 6 Monaten
vor 6 Monaten	$1,0^{\circ} \pm 2,0^{\circ} / 6 \text{ Mon.}$
vor 12 Monaten	$1,0^{\circ} \pm 2,5^{\circ} / 6 \text{ Mon.}$

b) bei lumbalen Krümmungen:

Eintritt d. Menarche	Progredienz in Grad pro 6 Monaten
vor 0 Monaten	$2,75^{\circ} \pm 2,9^{\circ} / 6 \text{ Mon.}$
vor 6 Monaten	$-1,3^{\circ} \pm 2,9^{\circ} / 6 \text{ Mon.}$
vor 12 Monaten	$-2,0^{\circ} \pm 2,9^{\circ} / 6 \text{ Mon.}$

(siehe Bildlegende Abb. 16)

1. Je länger die Menarche zurücklag, umso geringer war die Progredienz .
2. Bei Patientinnen, die noch keine Menses hatten, war die Krümmungszunahme am größten.
3. Lag die Menarche länger als 12 Monate zurück, so zeigte sich bei lumbalen Krümmungen im Schnitt ein Rückgang der Skoliose.
4. Die Höhe der Progredienz steht in enger Korrelation zur Menarche und dem pubertären Wachstumsschub.

4.1.7. Körpergröße

Neben den Größen Alter, Risserstadium und Menarche, die aufgrund ihrer Korrelation zur Progredienz prognostische Rückschlüsse erlauben, geben auch die Faktoren Körpergröße, Armspann und Sitzgröße genaue Hinweise über Entwicklungsprozesse in der Wachstumsphase. Indirekt lassen sich daraus auch Verschlechterungs- bzw. Verbesserungstendenzen einer Skoliose ableiten.

Gruppe A (-m.K.):	mittlere Körpergröße	144 cm
Gruppe B (+m.K.):	" "	154 cm
Gruppe C (-o.K.):	" "	153 cm
Gruppe D (+o.K.):	" "	160 cm

Während die Patienten mit schlechter Prognose, d.h. Krümmungszunahme trotz Korsett, die durchschnittlich geringste Körpergröße hatten, war sie bei denjenigen Fällen mit gutem Verlauf, d.h. Besserung oder Konstanz ohne Korsettversorgung, am höchsten. Dieser auffällige Unterschied von 16 cm zwischen Gruppe A und D läßt sich nicht ausreichend durch das Alter oder die Ausgangskrümmung erklären.

- Feststellung: a) In den Gruppen A, B und C waren die Krümmungen annähernd gleich.
b) Die Patienten der Gruppe A und C waren etwa ein Jahr jünger als die Patienten von Gruppe B und D.

Bei den altersgleichen Fällen mit schlechten Verlauf beträgt der Längenunterschied 9 cm, und zu den ein Jahr älteren Patienten der Gruppe D läßt sich sogar ein Unterschied von ca. 16 cm feststellen.

4.1.8. Geschlechtsverteilung

Die idiopathische Skoliose im Adoleszentenalter manifestiert sich signifikant häufiger bei Mädchen als bei Buben. Gemäß den Angaben der Fachliteratur schwankt das Verhältnis vom weiblichen zum männlichen Geschlecht zwischen 7 : 1 und 9 : 1 .

Demgegenüber stellten wir in unserer Studie fest, daß das Verhältnis bei 5,5 : 1 liegt.

Folgende Tabelle demonstriert die Verteilung in den einzelnen Gruppen:

Gruppe A (-m.K.):	Mädchen 27/	Buben 3	(=9 : 1)
Gruppe B (+m.K.):	Mädchen 25/	Buben 3	(=8 : 1)
Gruppe C (-o.K.):	Mädchen 4/	Buben 3	(=4 : 1)
Gruppe D (+o.K.):	Mädchen 6/	Buben 4	(=1,5 : 1)
Gesamtzahl:	n = 73 Patienten		

In der Gruppe A der prognostisch schlechtesten Skoliosen befanden sich neun Mal mehr Mädchen als Buben. Bei der Gruppe D mit den besten Verläufen war das Verhältnis von Mädchen zu Buben fast gleich, nämlich 1,5 : 1. Es ist zu erkennen, daß die Geschlechtsverteilung bei Skoliosen mit guter und schlechter Prognose Unterschiede zeigt.

- Feststellung:
- a) Das Verhältnis Mädchen zu Buben verringert sich zunehmend mit dem Ansteigen der Prognose.
 - b) Trotz der Schwankungen zwischen 9 : 1 und 1,5 : 1 sind die Mädchen immer häufiger als die Buben betroffen.

4.2. Die Relevanz der klinischen Parameter für die Verlaufskontrolle

4.2.1. Rippenbuckel

Die Faktoren Rippenbuckel bzw. Lendenwulst sind von wesentlicher Bedeutung. Sie stellen die klinische Ausprägung der Rotation thorakaler bzw. lumbaler Wirbelsäulenabschnitte dar und gelten als aussagekräftige, prognostische Kriterien (Ponte 1982). Die folgende Tabelle gibt die Beziehung der durchschnittlichen Rippenbuckelhöhe bei Therapiebeginn zum Verlaufsergebnis wieder:

Rippenbuckel-Durchschnittswert		
Gruppe A (-m.K.):	1,9 cm	$\pm$ 1,0 cm
Gruppe B (+m.K.):	1,5 cm	$\pm$ 1,0 cm
Gruppe C (-o.K.):	1,7 cm	$\pm$ 1,2 cm
Gruppe D (+o.K.):	0,7 cm	$\pm$ 0,6 cm

(siehe Bildlegende Abb. 17)

1. Bei der Patientengruppe, deren Skoliosen die schlechtesten Verlaufstendenzen boten (Verschlechterung trotz Korsett), konnte ein Rippenbuckel von ca. 2 cm gemessen werden.
2. Prognostisch günstige Skoliosen hatten einen Rippenbuckel unter durchschnittlich 1,5 cm.
3. Die besten Verläufe konnten bei Patienten mit Rippenbuckel unter 1 cm festgestellt werden.
4. Eine Korrelation zwischen Zunahme des Rippenbuckels und einer Verschlechterung der Prognose ist deutlich erkennbar.

4.2.2. Lendenwulst

Analog zum Rippenbuckel wurde der Durchschnittswert der Lendenwulsthöhe in den einzelnen Gruppen dargestellt:

Lendenwulsthöhe-Durchschnittswert		
Gruppe A (-m.K.):	1,2 cm	$\pm$ 0,4 cm
Gruppe B (+m.K.):	0,8 cm	$\pm$ 0,5 cm
Gruppe C (-o.K.):	0,6 cm	$\pm$ 0,4 cm
Gruppe D (+o.K.):	0,5 cm	$\pm$ 0,4 cm

(siehe Bildlegende Abb. 18)

1. Die gemessenen Werte des Lendenwulstes waren im Vergleich zum Rippenbuckel kleiner.

2. Der größte Lendenwulst (Durchschnittswert 1,2 cm) konnte bei den Skoliosen mit den schlechtesten Verläufen festgestellt werden.
3. Die geringsten Lendenwulstwerte (im Schnitt etwa 0,5 cm) hatten diejenigen Fälle mit der besten Prognose.
4. Während Skoliosen ohne Korsett bei einem Lendenwulst über 0,5 cm sich verschlechterten, zeigten sich bei einem Lendenwulst mit Korsettversorgung unter 1 cm noch gute Verläufe.
5. Analog zum Rippenbuckel korreliert der Lendenwulst mit der Prognose.

Dies wird auch bestätigt, wenn man die Summe aus Rippenbuckel und Lendenwulst in Beziehung zum Verlauf setzt:

Rippenbuckel + Lendenwulst (Durchschnittswerte)			
Gruppe A (-m.K.):	3,1 cm	$\pm$	0,7 cm
Gruppe B (+m.K.):	2,0 cm	$\pm$	0,8 cm
Gruppe C (-o.K.):	2,1 cm	$\pm$	1,0 cm
Gruppe D (+o.K.):	1,2 cm	$\pm$	0,8 cm

(siehe Bildlegende Abb. 19)

1. Die Skoliosen mit den schlechtesten Verläufen haben die höchsten Werte (im Schnitt ca. 3 cm).
2. Diejenigen Fälle mit guter Prognose haben die geringsten Summenwerte aus Rippenbuckel und Lendenwulst.
3. Liegt der Rippenbuckel über 1 cm und der Lendenwulst über 0,5 cm, so sind im allgemeinen ungünstige Verlaufstendenzen zu sehen.
4. Vergleicht man die Werte der Einzelfaktoren Rippenbuckel bzw. Lendenwulst mit der Summe beider Größen, so stellt man eine gleichbleibende

Verteilung der prognostisch guten und schlechten Skoliosen fest.

4.2.3. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von Rippenbuckel und Lendenwulst im zeitlichen Verlauf

Rippenbuckelhöhe Durchschnittswert		Krümmungszunahme in Grad pro 6 Monate	
0,5 cm - 1,5 cm	...	1,0 ⁰ ±	2,0 ⁰
2,0 cm - 2,4 cm	...	2,5 ⁰ ±	4,0 ⁰
2,5 cm - 3,0 cm	...	4,0 ⁰ ±	1,0 ⁰
über 3 cm	...	7,0 ⁰ ±	2,0 ⁰

(siehe Bildlegende Abb. 20)

Lendenwulsthöhe Durchschnittswert		Krümmungszunahme in Grad pro 6 Monate	
0,5 cm - 0,9 cm	...	0,8 ⁰ ±	1,6 ⁰
1,0 cm - 1,4 cm	...	1,6 ⁰ ±	4,0 ⁰
1,5 cm - 1,9 cm	...	2,5 ⁰ ±	1,5 ⁰
über 2,0 cm	...	5,0 ⁰ ±	1,4 ⁰

(siehe Bildlegende Abb. 21)

1. Es besteht eine lineare Korrelation zwischen Rippenbuckel bzw. Lendenwulst im Bereich von 0,5 - 3,0 cm bzw. 0,5 - 2,0 cm und der Zunahme des Krümmungswinkels im Verlauf.
2. Mit zunehmenden Rippenbuckel und Lendenwulst steigt die Progredienz und verschlechtert sich die Prognose.
3. Es tritt eine unverhältnismäßig hohe Zunahme der Progredienz auf bei einem Rippenbuckel über 3,0 cm und einem Lendenwulst über 2,0 cm.

4. Beim Rippenbuckel kommt es im Vergleich zum Lendenwulst im allgemeinen zu einer größeren Krümmungszunahme pro Beobachtungszeitraum.
5. Zwar stellt sich der Lendenwulst klinisch unauffälliger dar als der Rippenbuckel, jedoch beweist die Relation zwischen Lendenwulsthöhe und Krümmungsverschlechterung, daß eine Rotation im Lumbalbereich mit einer deutlich höheren Progredienz korreliert.
6. Die Höhe von Rippenbuckel und Lendenwulst ist prognostisch unterschiedlich zu bewerten.

4.2.4. Beckentiefstand

Die folgende Tabelle zeigt die durchschnittliche Höhe des Beckentiefstandes der jeweiligen Patientengruppen:

	Beckentiefstand
Gruppe A (-m K.)	0,6 cm $\pm$ 0,5 cm
Gruppe B (+m.K.)	0,4 cm $\pm$ 0,5 cm
Gruppe C (-o.K.)	0 cm
Gruppe D (+o.K.)	0,6 cm $\pm$ 1,2 cm
(Durchschnittswerte)	

1. Der Beckentiefstand ist bei allen Gruppen sehr gering; Beckentiefstände, die durch eine Beinlängendifferenz bedingt waren, wurden - wie erwähnt - nicht berücksichtigt.
2. Die oben genannten Werte liegen im physiologischen Bereich (bis etwa 0,5 cm) und zudem bei klinischer Untersuchungsmethode im Meßfehlerbereich.

3. Sowohl Patienten mit guten Verläufen, als auch Fälle mit Verschlechterungstendenz zeigten keine besonders unterschiedlichen Werte.
4. Eine Korrelation zwischen dem Beckentieftstand und der Verlaufstendenz konnten wir nicht feststellen.

4.2.5. Überhang

Analog zum Beckentieftstand wurde auch hier untersucht, ob der Überhang einer Skoliose als statischer Faktor für die Prognose von Bedeutung ist. In der folgenden Tabelle sind die Durchschnittswerte des seitlichen Thoraxüberhanges der jeweiligen Patientengruppen zu ersehen:

	Überhang (Mittelwert)
Gruppe A (-m.K.)	1,5 cm $\pm$ 1,0 cm
Gruppe B (+m.K.)	0,7 cm $\pm$ 1,0 cm
Gruppe C (-o.K.)	0 cm
Gruppe D (+o.K.)	0,4 cm $\pm$ 0,6 cm

(siehe Bildlegende Abb. 22)

1. Man erkennt, Daß die Gruppe mit den schlechtesten Verläufen den deutlich größten Überhang besitzt (1,5 cm).
2. Obwohl Gruppe A un B gleichhohe Ausgangskrümmungen hatten, war der Überhang bei A etwa doppelt so groß; Skoliosen dieser Gruppe hatten auch die schlechteste Prognose.
3. Der Überhang in den Gruppen B, C und D war insgesamt relativ gering, bzw. lag im Meßfehlerbereich.
4. Die Auswertung ergab zwischen den Faktoren Thoraxüberhang und Verlaufstendenz keine Korrelation.

5. Eventuell weisen die Werte darauf hin, daß das Korsett in einigen Fällen von Patienten nicht (richtig?) getragen wurde und die Therapie insuffizient war.

4.2.6. Stehgröße, Sitzgröße und Armspann

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß bei klinischen Verlaufskontrollen die Faktoren Stehgröße, Sitzgröße und Armspann genaue Hinweise zum Verlauf der Skoliose geben können. Die einfachen Meßverfahren dieser Größen sind in Kap. 2 genau beschrieben.

Die o.g. Faktoren , die bei jeder Kontrolluntersuchung erhoben wurden, sind bei den einzelnen Patientengruppen miteinander verglichen worden. Dabei ergab sich, daß der Quotient aus den Faktoren Steh- und Sitzgröße in 95% der verschlechterten Skoliosefälle zugenommen hat. Bildete man den Quotienten aus Armspann und Stehgröße, so nahm dieser ebenfalls in 95% der Fälle zu. Im Vergleich dazu verringerte sich in den Gruppen B und D, d.h. bei den Skoliosen mit guten Verläufen der Quotient aus Stehgröße und Sitzgröße bei allen Patienten! Auch der Quotient Armspann zu Stehgröße wurde bei diesen beiden Gruppen in 95% der Fälle geringer.

Diese signifikanten Ergebnisse machen deutlich, daß man mittels Kontrollmessungen im Verlauf der Skoliosebehandlung auf Besserungs- oder Verschlechterungstendenzen schließen kann, vorausgesetzt, es handelt sich um Skoliosen mit Wachstumspotential. Durch den Vergleich von Sitzgröße, Stehgröße und Armspann bzw. durch Veränderungen dieser Quotienten lassen sich schnell Verlaufsaussagen ohne Röntgenaufnahmen über eine eventuell progrediente Entwicklung der Skoliose machen.

Zeigt der Patient keine Änderung bzw. eine Verringerung der Rumpfhöhe bei nachweisbarem Skelett-wachstum (erkennbar durch die Faktoren Körpergröße, Armspann, Risserstadien), so ist eine Verschlechterung der Skoliose mit Krümmungszunahme zu erwarten. Dasselbe gilt auch bei Zunahme bzw. Abnahme der Stehgröße im Verlauf mehrer Kontroll- oder Screening-Untersuchungen. (siehe Abb. 35 Bildlegende)

4.3. Röntgenologische Faktoren

4.3.1. Ausgangskrümmung

Bei der Auswertung der Röntgenbilder (a.p.) wurden die Ausgangskrümmungen gemessen, wobei der thorakale und lumbale Anteil zusammengefaßt wurden. Die Mittelwerte gliederten sich bei den Gruppen folgendermaßen auf:

<u>Ausgangskrümmung thorakal + lumbal (n. Cobb)</u>		
Gruppe A (-m.K.)	... 54,6 ⁰	(Mittelwert)
Gruppe B (+m.K.)	... 55,1 ⁰	"
Gruppe C (-o.K.)	... 49,2 ⁰	"
Gruppe D (+o.K.)	... 26,8 ⁰	"

(siehe Bildlegende Abb. 23)

1. Die Gruppe D (ohne Korsett verbessert) wies einen deutlichen Unterschied zu den anderen Gruppen auf, deren Ausgangskrümmungen am Anfang der Behandlung annähernd gleich groß waren. Es zeigte sich, daß Patienten, deren Skoliosen eine spontane Verbesserung ohne Therapie er-

führen, nur einen halb so großen Krümmungswinkel (thorakal+lumbal) hatten.

2. Für die Einzelkrümmung errechnet sich bei den Gruppen A, B und C ein Mittelwert von ca. 25° nach Cobb (exakt $24,6^{\circ}$). Patienten dieser Gruppen konnten keine spontane Verbesserungstendenz ihrer Skoliosen erkennen lassen.
3. Bei Skoliosen mit einem durchschnittlichen Winkel von 15° pro Einzelkrümmung traten keine Zeichen einer Verschlechterung auf. Alle Patienten, deren Skoliose sich ohne Korsett verbesserte, lagen mit ihren Einzelkrümmungen unter einem Winkel von 20° (thorakal $18,3^{\circ}$; lumbal $17,1^{\circ}$). Bei diesen Skoliosen waren Spontanverbesserungen zu sehen.
4. Nach unseren Ergebnissen besteht keine lineare Korrelation zwischen Ausgangskrümmung und Verlauf, wie z.B. : je größer die Krümmung, desto schlechter der Verlauf.
5. Bei Ausgangskrümmungen über 20° (Cobb) können keine sicheren prognostischen Folgerungen abgeleitet werden; im allgemeinen sind die Verlaufstendenzen ungünstig.

4.3.2. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von der Ausgangskrümmung im zeitlichen Verlauf

a) Thorakale Krümmungen

Ausgangskrümmung bei Therapiebeginn		Krümmungszunahme in Grad / 6 Monate
15° - 20° (Cobb)	...	0,5° ± 1,4°
21° - 30° "	...	1,0° ± 2,7°
31° - 40° "	...	1,0° ± 2,8°
45° - 55° "	...	2,3° ± 3,0°

(siehe Bildlegende Abb. 24)

b) Lumbale Krümmungen

Ausgangskrümmung bei Therapiebeginn		Krümmungszunahme in Grad / 6 Monate
15° - 20° (Cobb)	...	1,4° ± 1,7°
21° - 25° "	...	1,4° ± 2,2°
30° - 40° "	...	1,7° ± 1,2°
45° - 55° "	...	2,1° ± 5,0°

(siehe Bildlegende Abb. 25)

1. Die Krümmungszunahme pro Zeit ist bei niedrigen Ausgangskrümmungen deutlich geringer als bei höheren Krümmungen. Unter 20° sieht man bei thorakalen Krümmungen nur eine relativ geringe Progredienz.
2. Bei Krümmungswinkeln über 40° ist die Progredienz eindeutig stärker (mehr als 2 Grad pro 6 Monate).
3. Zwischen Krümmungsgrad und Progredienz ist keine lineare Korrelation erkennbar.

4. Im Bereich zwischen 20° und 40° thorakal, bzw. 15° und 40° lumbal besteht kein Unterschied in der Progredienz trotz verschiedener Ausgangskrümmungen, d.h. in diesem Bereich hängt das Krümmungsverhalten nicht vom Krümmungsgrad ab.
5. Im Lumbalbereich ist die Progredienz bei gleichen Ausgangskrümmungen höher.
6. Die Höhe der Ausgangskrümmung erlaubt als Einzelfaktor keine eindeutigen prognostischen Aussagen.

4.3.3. Harrington-Index

Es wurde untersucht, ob der Harrington-Index als zusätzlicher Faktor gewisse prognostische Rückschlüsse erlaubt, da er nicht nur die Krümmung, sondern auch den Krümmungsradius mitberücksichtigt (siehe Kap. Methode 2.).

Der Harrington-Index errechnet sich aus dem Verhältnis von Krümmungsgrad und Anzahl der an der Krümmung beteiligten Wirbelkörper.

Harrington-Index (Mittelwert)			
gesamt:		einzeln:	
Gruppe A: gesamt	$9,0 \pm 4,2$	thorakal/lumbal	5,7/ 5,2
Gruppe B: gesamt	$9,4 \pm 3,9$	thorakal/lumbal	5,2/ 5,4
Gruppe C: gesamt	$7,8 \pm 3,2$	thorakal/lumbal	3,6/ 3,9
Gruppe D: gesamt	$4,4 \pm 1,0$	thorakal/lumbal	1,6/ 3,1

(siehe Bildlegende Abb. 26)

1. In den Gruppen A und B, deren Skoliosen mit Korsett versorgt wurden, lag der Harrington-Index immer deutlich höher als in den anderen Vergleichsgruppen. Besonders bei den Skoliosen

mit der schlechtesten Prognose war er am höchsten. Beide Gruppen hatten annähernd gleiche Ausgangskrümmungen.

2. Den niedrigsten Harrington-Index hatten diejenigen Patienten, deren Skoliosen die besten Verläufe aufwiesen. Einzelkrümmungen kamen im Schnitt auf einen Index unter 3 , d.h. es waren überwiegend langbogige , geringgradige Skoliosen.
3. In der Gruppe C lag der Index pro Einzelkrümmung über 3; Skoliosen dieser Gruppe hatten sich ohne Korsettversorgung nur verschlechtern können.
4. Trotz vergleichbarer Indices in den Gruppen A und B zeigten die Patienten von B dennoch bessere Verläufe.
5. Dies läßt den Schluß zu, daß sowohl der Krümmungsgrad, als auch der Harrington-Index für sich allein für die Prognosestellung nicht von ausschlaggebender Bedeutung sein kann, jedoch in Kombination mit anderen Faktoren ein wertvolles Kriterium darstellt.

4.3.4. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit vom Harrington-Index im zeitlichen Verlauf

a) bei thorakalen Krümmungen

Harrington-Index	Progredienz in Grad pro 6 Monate
2,75 - 3,0	$- 1,25^{\circ} \pm 2,5^{\circ}$
3,5 - 4,0	$1,7^{\circ} \pm 2,5^{\circ}$
4,5 - 5,0	$1,9^{\circ} \pm 2,5^{\circ}$
6,0 - 8,0	$2,0^{\circ} \pm 3,2^{\circ}$
9,0 - 11	$4^{\circ} \pm 4,5^{\circ}$

(siehe Bildlegende Abb. 27)

b) bei lumbalen Krümmungen

Harrington-Index	Progredienz in Grad pro 6 Monate
2,5 - 4,5	$1,7^{\circ} \pm 1,8^{\circ}$
5,0 - 6,0	$1,8^{\circ} \pm 1,7^{\circ}$
7,0 - 8,0	$2,0^{\circ} \pm 1,6^{\circ}$
9,0 - 11	$2,6^{\circ} \pm 5,4^{\circ}$

(siehe Bildlegende Abb. 28)

1. Sowohl bei thorakalen, als auch bei lumbalen Krümmungen ist eine deutliche Korrelation zwischen ansteigendem Harrington-Index und zunehmender Progredienz erkennbar.
2. Skoliosen mit einem Harrington-Index unter 3,0 thorakal zeigen durchschnittlich keine Progredienz. Etwa 50% dieser Fälle ließen am Ende des Beobachtungszeitraumes eine Verbesserung der Ausgangskrümmung erkennen.
3. Zwischen einem Index von 5,0 und 8,0 thorakal, bzw. 2,5 und 8,0 lumbal hatten die Patienten nur einen relativ geringen linearen Zuwachs der Krümmung pro Zeit.

- In diesem Bereich unterschieden sich thorakale und lumbale Progredienz kaum voneinander. Zwischen einem Wert von 3,5 und 5 konnten nur 30% gebessert bzw. konstant gehalten werden.
4. Bei einem Wert über 8,0 ist die thorakale und lumbale Progredienz auffallend hoch. Lag der Index über 8,0, so haben sich etwa 80% der Fälle mit einer mindest doppelt so hohen Progredienz von $4^0/6$ Monate thorakal und $2,6^0/6$ Monate lumbal verschlechtert.
 5. Im Vergleich zum Faktor Ausgangskrümmung, bei dem die Progredienz in einem gewissen Bereich konstant ist (siehe Abb. 24 und 25), stellt der Harrington-Index eine "extrapolierte" Kurve der Krümmung dar (siehe Abb. 27 und 28).
 6. Durch den Einfluß des Krümmungsradius beim Harrington-Index läßt sich die Beziehung zwischen Krümmungsgrad und Progredienz genauer differenzieren.

4.3.5. Rotation

Der Rotationsgrad des Scheitelwirbels wurde anhand der Röntgenaufnahmen nach der Methode von Moe bestimmt (siehe Kap. 2). Aus den Einzeldaten der Patienten wurde der durchschnittliche Rotationsgrad der jeweiligen Kollektive errechnet:

Die Skoliosen der Gruppe A, die sich trotz Korsett verschlechterten, hatten die durchschnittliche Rotation Grad II (n. Moe). Demgegenüber stand die Gruppe B (Krümmung gebessert bzw. konstant bei Korsettversorgung) mit der Rotation Grad I.

Bei den Patienten, die nur mit Krankengymnastik behandelt wurden, hatten die Skoliosen mit schlechtem Verlauf (Gruppe C) eine Rotation im Schnitt zwischen Grad I und II. Die Gruppe D mit den besten Verläufen hatte dagegen die geringste Rotation, nämlich mit einem mittleren Rotationsgrad zwischen 0 und I. (siehe Bildlegende Abb. 29)

Daraus ergeben sich folgende Schlüsse:

1. Die Gruppe mit der schlechtesten Prognose hatte den durchschnittlich höchsten Rotationsgrad II; bei den prognostisch besten Skoliosen war die Rotation am geringsten.
2. Obwohl Gruppe A und B sich hinsichtlich der Ausgangskrümmung kaum unterschieden, zeigten sie jedoch klare Unterschiede in der Rotation. Daraus geht bereits hervor, daß eine gewisse Korrelation zwischen dem Verlauf und dem Rotationsgrad einer Skoliose besteht.
3. Ferner konnte bei Skoliosen mit einer Ausgangskrümmung bis 15° (Cobb) und einer Rotation bis Grad I im allgemeinen eine spontane Verbesserung unter krankengymnastischer Therapie beobachtet werden.

4.3.6. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von der Rotation im zeitlichen Verlauf

Anhand der Röntgenbefunde vieler Verlaufskontrollen wurde versucht, die Beziehung zwischen Rotationsgrad und Krümmungsverhalten genauer zu differenzieren. Die nachfolgenden Tabellen veranschaulichen die zu den jeweiligen Rotationsgraden errechnete mittlere Progredienzrate:

Rotationsgrad im Thorakalbereich	Progredienz in Grad pro 6 Monate
0	$1,0^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$
I	$2,0^{\circ} \pm 4,0^{\circ}$
II	$3,0^{\circ} \pm 4,0^{\circ}$

(siehe Bildlegende Abb. 30)

Rotationsgrad im Lumbalbereich	Progredienz in Grad pro 6 Monate
I	$0,8^{\circ} \pm 2,7^{\circ}$
II	$4,5^{\circ} \pm 3,0^{\circ}$

(siehe Bildlegende Abb. 31)

1. Es besteht eine lineare Abhängigkeit zwischen Rotation und Krümmungszunahme pro Zeit. Diese eindeutige Korrelation hebt den Faktor Rotation gegenüber den anderen Parametern schon als wesentliches Kriterium heraus.
2. Je stärker die Rotation ausgeprägt ist, umso höher steigt die Progredienzrate und umso schlechter sind die Verlaufsergebnisse.
3. Während Rotationsgrade über I im Lumbalbereich mit einer auffallend hohen Progredienz verbunden sind, zeigt sich bei lumbaler Rotation bis Grad I nur eine geringe Zunahme der Krümmung.
4. Obwohl die Auswertung bei einer Rotation Grad 0 eine durchschnittliche Krümmungszunahme von 1° pro 6 Monate ergab, sollte man jedoch nicht daraus schließen, daß auch bei Skoliosen ohne Rotation eine Progredienz auftritt.

Folgende Ursachen sind hier zu berücksichtigen:

- a) Die Rotationsgrade stellen nur Mittelwerte dar.
- b) Die Messung der Krümmung kann eine maximale Fehlervarianz bis zu 4 Grad einschließen.

- c) Die errechneten Progredienzwerte stellen nur Mittelwerte dar.
- d) Bei der Rotationsbestimmung nach Moe im Röntgenbild ist folgendes zu berücksichtigen:
Zwischen den Rotationsgraden 0, I und II bestehen Rotationswinkel von ca. 15° , im Röntgenbild sieht man aber fließende Übergänge der Rotation.

4.3.7. Das Krümmungsverhalten in Abhängigkeit von der Höhe des Scheitelwirbels im zeitlichen Verlauf

Aufgrund der Erfahrung, daß Thorakalskoliosen im allgemeinen deutlich schlechtere Verläufe als Lumbalskoliosen nehmen, wurde untersucht, ob sich eine Korrelation zwischen der Lokalisation einer Krümmung und ihrer Prognose nachweisen läßt. Zur jeweiligen Lage des Scheitelwirbels einer Krümmung wurde dazu die durchschnittliche Progredienzrate und die prozentuale Häufigkeit bestimmt.

Die Lage der Scheitelwirbel beschränkte sich in unserem Patientengut auf die Wirbelkörper Th7 bis Th 10 und L1 bis L2. Krümmungen mit Scheitelwirbel bei L3 zeigten in 60% der Fälle einen Rückgang bzw. eine Konstanz der Krümmung. Bei diesen Skoliosen betrug die durchschnittliche Krümmungsabnahme insgesamt $2,6^{\circ} (\pm 3^{\circ})$ pro 6 Monate. Lag der Scheitelwirbel hingegen bei L1, so waren nur in 25% der Fälle gute Verläufe feststellbar. Die Krümmung verschlechterte sich insgesamt um durchschnittlich $3,7^{\circ} \pm 3,3^{\circ}$ pro 6 Monate.

Skoliosen mit einem Scheitelwirbel bei Th10 zeigten auffallend gute Verläufe und hatten insgesamt eine durchschnittliche Krümmungsabnahme von $0,35^{\circ} \pm 2,9^{\circ}$ im Laufe von 6 Monaten. Demgegenüber waren Krümmungen mit einem Scheitelwirbel bei Th7 bis Th9 überwiegend progredient. Scheitelwirbel mit einer Lokalisation bei Th9 waren in 66% der Fälle progredient mit einer Rate von $1,7^{\circ} \pm 3,1^{\circ}$ pro 6 Monate. Ebenso verschlechterten sich auch 66% derjenigen Skoliosen, die einen Scheitelwirbel bei Th7 hatten; bei diesen Patienten stieg die Krümmung um $1,4^{\circ} \pm 1,3^{\circ}$ in 6 Monaten. In 44% der Fälle konnten sich Skoliosen mit einem Scheitelwirbel bei Th8 verbessern; bei diesem Kollektiv war die Verschlechterungsrate mit durchschnittlich $0,69^{\circ} \pm 2,9^{\circ}$ pro 6 Monate sehr gering.

Folgende Ergebnisse lassen sich zusammenfassen:

1. Bei Krümmungen mit Scheitelwirbel bei L3 und Th10 waren überwiegend gute Verläufe zu sehen.
2. Bei den verschlechterten Skoliosen fand sich nie ein Scheitelwirbel bei L3 und Th10.
3. Skoliosen mit Scheitelwirbel bei L1 und L2, sowie Th7, Th8 und Th9 waren überwiegend progredient, wobei gering bessere Verlaufstendenzen bei Th8 feststellbar waren.
4. Entgegen unserer Erwartung waren die Krümmungen mit Scheitelwirbel bei L1 bzw. L2 deutlich progredienter als thorakale Skoliosen.
5. Sowohl bei den gebesserten, als auch bei den verschlechterten Skoliosen fanden sich zu gleicher Häufigkeit die Scheitelwirbel bei Th8, Th9 und L2.
(siehe Bildlegende Abb. 32)

4.3.8. Skoliosetyp und Konvexität

Aufgrund der Erfahrung, daß sich die doppelbogigen, S-förmigen Skoliosen hinsichtlich ihrer Progredienz und der schlechten Prognose eindeutig von den langbogigen C-förmigen Skoliosen unterscheiden, suchten wir nach einer auffälligen Verteilung dieser Skoliose-
typen. Wie unsere Ergebnisse im Kapitel 4.3.4. verdeutlichten, besteht eine Korrelation zwischen dem Krümmungsradius und der Progredienz. Die nachfolgende Tabelle soll nun einen Überblick über die Häufigkeitsverteilung der Skoliosetypen in den einzelnen Gruppen geben:

Gruppe A (-m.K.):	S-Typ 83%	C-Typ 17%
Gruppe B (+m.K.):	S-Typ 90%	C-Typ 10%
Gruppe C (-o.K.):	S-Typ 80%	C-Typ 20%
Gruppe D (+o.K.):	S-Typ 70%	C-Typ 30%

1. Bei allen Gruppen tritt der S-förmige Skoliose-
typ deutlich häufiger auf als der C-Typ. In den
Gruppen A, B und C mit höhergradigen Skoliosen
gab es weniger langbogige Einzelkrümmungen als
bei der Gruppe D.
2. Auffällig ist der hohe Anteil der doppelbogigen
Skoliosen bei den Patienten mit der schlechtes-
ten Prognose und die relativ hohe Zahl von
C-förmigen Skoliosen bei den Fällen mit der
besten Prognose.
3. Langbogige C- Skoliosen mit niedrigem Harrington-
Index weisen bessere Verlaufstendenzen auf.

Wegen der unterschiedlichen Verteilung der C-förmigen Skoliosen in den Gruppen B und D trotz ihrer günstigen Prognose wurden alle langbogigen C-Krümmungen weiter differenziert. Es bestand die Erwartung, prognostische Unterschiede je nach der Lokalisation der Einzelkrümmung zu finden. Die ausgewerteten Verläufe der C-Krümmungen brachten folgendes Ergebnis:

Alle C-Skoliosen lagen bei der Gruppe mit der schlechtesten Prognose (A) im Thorakalbereich. In der Gruppe B fielen $\frac{2}{3}$ aller Fälle auf thorakale - und $\frac{1}{3}$ auf lumbale Einzelkrümmungen; die Verläufe waren in dieser Gruppe dementsprechend besser. Von den Skoliosen, die sich bei alleiniger krankengymnastischer Therapie (Gruppe C) verschlechterten, lag die einzige C-Skoliose im Lumbalbereich. Demgegenüber waren $\frac{2}{3}$ aller C-Krümmungen der Gruppe D im thorakolumbalen Übergangsbereich und $\frac{1}{3}$ im Lumbalbereich lokalisiert.

Unsere Ergebnisse bestätigen, daß die C-förmige Skoliose im Thorakalbereich schlechtere Verlaufstendenzen zeigt als im Lumbalbereich. Besonders bei den Skoliosen mit den langbogigen thorakolumbalen Einzelkrümmungen konnten wir sehr gute Verläufe feststellen. Bei den Skoliosen mit Schlechter Tendenz gab es häufig kurzbogige thorakale, seltener lumbale Krümmungen. Nach den Angaben der Fachliteratur ist die Konvexität der Primärkrümmung zu etwa 80% rechtsseitig ausgeprägt (Heine 1980). In unserem Krankengut gab es 77% rechtskonvexe Skoliosen.

Aufgrund der häufigen Koinzidenz von Rechtskonvexität und Progredienz untersuchten wir die prozentuale Verteilung in den vier Patientengruppen:

Skoliosen mit der stärksten Progredienz (A) hatten zu 74% rechts-, bzw. 26% linkskonvexe Krümmungen. Trotz der besseren Verläufe mit Korsettversorgung war die Verteilung in der Vergleichsgruppe B analog: etwa 72% waren rechtskonvex und 28% linkskonvex. Bei denjenigen Skoliosen, die mit alleiniger krankengymnastischer Therapie nicht gehalten werden konnten, waren nur noch 60% der Krümmungen rechtskonvex. Im Gegensatz dazu gab es bei den prognostisch besten Skoliosen (Gruppe C) in 60% linkskonvexe Krümmungen.

Die Korrelation zwischen dem hohen Anteil rechtskonvexer Skoliosen und der schlechten Prognose, bzw. dem Anteil linkskonvexer Krümmungen und den guten Verläufen, ist deutlich zu sehen. Bei zunehmend besserer Verlaufstendenz verschiebt sich das Verhältnis zu Gunsten der rechtskonvexen Skoliosen. (Einen Überblick über die gruppenspezifischen Durchschnittswerte der untersuchten Faktoren bieten die Tabellen 33 u. 34 in der Bildlegende).

5. Diskussion

Wie wir bereits im Kapitel 1.3. beschrieben haben, stellt erfahrungsgemäß die Prognose und Therapie der idiopathischen Skoliose im Frühstadium ein Problem dar, wie die Vielzahl unbefriedigender Behandlungsergebnisse widerspiegelt.

Auch an der Staatlich Orthopädischen Klinik München-Harlaching war es bis 1981 üblich, bei idiopathischen Skoliosen bis 25° und 30° Krümmung vorerst beobachtend abzuwarten und mit Krankengymnastik zu therapieren. Die Indikation zur Korsettversorgung wurde im allgemeinen erst bei Krümmungen über 25° gestellt. (Vergleiche Kap. 3. Literaturübersicht: Heine (1980); Lange und Hipp (1981); Scheier (1967); Torell, Nordwall und Nachemson (1981)).

Dies hatte zur Folge, daß viele Patienten nicht regelmäßig zu Kontrollen kamen, oder sich erst wieder mit einer Krümmung vorstellten, die mit Korsett kaum noch zu behandeln war. Die Ergebnisse waren dementsprechend unbefriedigend.

Beim Studium der einschlägigen Fachliteratur fiel auf, daß für die Prognose und Therapie der idiopathischen Skoliose im frühen Stadium keine konkreten Ergebnisse und Richtlinien bekannt sind. In ihren Arbeiten nannten Risser (1936), Ponseti und Friedmann (1950), Scheier (1967), Collis und Ponseti (1969), Heine (1980) und Blount (1981) zwar einige prognostische Kriterien (Alter, Krümmung, Rotation, Progredienz), jedoch wurden keine exakten Parameter für das Frühstadium genannt. Die zum Teil unergiebigsten und unterschiedlichen Aussagen bezogen sich auf höhergradige Skoliosen weit über 25° . Für die beginnende Skoliose des Adoleszentenalters fehlten eben genaue prognostische und therapeutische Richtlinien.

In einer retrospektiven Studie wurden 73 Fälle aus dem Krankengut der Orthopädischen Klinik München-Harlaching über einen Verlauf zwischen 6 Monaten und 10 Jahren - im Schnitt 2,4 Jahre - klinisch und röntgenologisch verfolgt. Das Ziel der vorliegenden Arbeit lag darin, für das Frühstadium der Skoliose prognostische Kriterien zu erarbeiten und therapeutische Richtlinien davon abzuleiten. Die Untersuchung des Patientengutes sollte dabei zwei Kernfragen beantworten können:

1. Ist die klinische Untersuchung für die Verlaufskontrolle ausreichend? Wie zuverlässig sind die klinischen Parameter zur Beurteilung der Progredienz, und wie ist ihre Wertigkeit?
2. Gibt es klinische oder röntgenologische Kriterien, die eine Prognose im Frühstadium erlauben?
 - a) Welche Parameter sprechen für eine gute Prognose?
 - b) Welche Parameter lassen auf eine schlechte Prognose schließen?
 - c) Welche therapeutischen Konsequenzen ergeben sich daraus?

Aufgrund unserer Auswertung mit der Gegenüberstellung klinischer Befunde und Röntgenbefunde waren folgende Parameter für eine Verlaufskontrolle ausreichend:

Rippenbuckel, Lendenwulst, Stehgröße, Sitzgröße, Armspann, zusätzlich eventuell Beckentieftand und Überhang.

Wie aussagekräftig diese Parameter sind, erkennt man daran, daß unter der Voraussetzung genauer Messungen bei über 90% der Fälle die Daten auf eine Krümmungszunahme, bzw. -abnahme hinwiesen. Mit den Quotienten aus Stehgröße zu Sitzgröße, bzw. Armspann zu Stehgröße lassen sich bei fast allen Fällen die Verlaufstendenzen ableiten. Auch durch exakte Messungen von Rippenbuckel und Lendenwulst kann eine Tendenz zur Besserung oder Verschlechterung bei mehr als 80% der Fälle allein durch klinische Verlaufsuntersuchungen bereits erkannt werden. (siehe Bildlegende Abb. 35) Auf die Faktoren Beckentieftand und Überhang wird an späterer Stelle eingegangen.

Unsere Untersuchung ergab, daß zu Therapiebeginn eine a.p. Röntgenaufnahme und ein Seitenbild im allgemeinen ausreichen. Im weiteren Verlauf sind nur dann zusätzliche Aufnahmen von Nutzen, wenn man aufgrund klinischer Kontrollbefunde auf eine Progredienz schließen kann und sich therapeutische Konsequenzen ergeben. Allzu häufige radiologische Kontrollen bedeuten für die jungen Patienten nur eine unnötige Strahlenbelastung.

Beispiel: Wird bei Kontrollen nach 3 bzw. 6 Monaten bei einer Skoliose mit 15 Grad die Verschlechterung klinischer Parameter festgestellt, sollte erst dann eine weitere Röntgenaufnahme der Skoliose angefertigt werden.

Auf die Grundproblematik der Prognose und Therapie einer Skoliose im Frühstadium wurde bereits eingegangen. Die Gliederung der ausgewerteten Daten in Anamnestische Angaben, Klinische Befunde und Röntgenologische Befunde wird in der Diskussion aus Gründen der Übersichtlichkeit beibehalten.

I. Anamnestische Angaben

1. Alter und Reife

In unserem Krankengut ($n = 73$) fanden sich fast ausschließlich juvenile Skoliosen und Adolozentenskoliosen. Das Alter bei Therapiebeginn lag zwischen 4 und 16 Jahren, vorwiegend zwischen 10 und 13 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug bei den Patienten mit progredienter Skoliose 12,2 Jahre ($n=35$); bei den nicht-progredienten Fällen lag das mittlere Alter bei 13,3 Jahren ($n=38$). Patienten dieser Altersklasse müssen in drei Gruppen unterteilt werden:

Die Gruppe, die vor dem Wachstumsschub steht, diejenige, die im Wachstum sich befindet und diejenige, die den Wachstumsschub bereits hinter sich hat.

Gemäß unseren Erwartungen lagen die Patienten mit guter Prognose entweder vor oder nach dem Wachstumsschub, d.h. sie waren entweder jünger als 11 oder älter als 14 Jahre. Die größte Progredienz bei den Skoliosen mit schlechter Prognose trat zwischen dem 11. und 14. Lebensjahr, also im Wachstumsschub auf. Etwa 80% aller Patienten zeigten bis zum 12. Lebensjahr eine durchschnittliche Progredienz von 2° pro 6 Monaten; ab dem 14. Lebensjahr waren nur noch 35% der Fälle progredient (unter $1,2^{\circ}/6$ Monate).

Das mittlere Alter der Patienten mit progredienter Skoliose betrug 12,2 Jahre, d.h. sie lagen gerade im Wachstumsschub. Bei den Fällen mit guter Prognose lag das Alter bei 13,2 Jahren, d.h. sie waren schon am Ende des Wachstumsschubs (siehe Abb.13).

Nach Lange und Hipp (1981) ist bekanntlich die Häufigkeit einer Progredienz vor dem 10. Lebensjahr bei Buben und Mädchen gleich verteilt. Erst danach kommt es bei den Mädchen zu einer signifikanten Verschlechterungstendenz (Lindemann 1958).

Gerade in dieser Zeitspanne korreliert das pubertäre Wachstum mit einer ungewöhnlichen Progredienz. Dieser Zusammenhang wurde bereits beschrieben von Risser und Ferguson (1936), Ponseti und Friedmann (1950), James (1954), Jakoby (1966), Scheier (1967) und Ponseti (1969). (siehe Literaturübersicht Kap.3). Aus der Arbeit von Tupmann (1962) geht hervor, daß der Wachstumsschub zwischen dem 10. und 15. Lebensjahr stattfindet, wobei das Maximum bei den Mädchen mit ca. 13 Jahren und bei den Buben mit ca. 15 Jahren bereits erreicht ist (siehe Bildlegende Abb.36). Nach Untersuchungen von Risser und Ferguson (1936), bei denen in 255 Fällen eine Progredienz nur während der Wachstumsperiode auftrat, ist ein Wachstumsabschluß und ein Sistieren der Progredienz bei Mädchen mit 14,4 und bei Buben mit 16,3 Lebensjahren zu erwarten. Zwischen dem 11. und 14. Lebensjahr konnte Heine (1980) sogar eine 4-fach.höhere Progredienz feststellen als zwischen dem 21. und 30. Lebensjahr.

Daraus läßt sich zusammenfassend folgern:
Mittels Alter und Skelettreife und klinischen Untersuchungen sollte festgestellt werden, ob der Patient vor, im oder nach dem Wachstumsschub liegt. Die größte Progredienz tritt etwa im 12. Lebensjahr auf. Ab dem 13. Jahr bei den Mädchen und ab dem 14. Jahr bei den Buben wird das Risiko einer Progredienz geringer: Je jünger der Patient ist, desto länger kann sich der Wachstumsschub auswirken. Nach der Skelettreife ist keine wesentliche Progredienz außer beihochgradigen Skoliosen zu befürchten. Daher kann man nach dem 15. Lebensjahr mit der Korsettbehandlung etwas zurückhaltender verfahren, da ohnehin nach der Skelettreife mit Korsett nur eine gewisse Auflockerung erreicht wird.

Vor dem Wachstumsschub sollte mit klinischen Untersuchungen in 3-monatigen Abständen eine beginnende Progredienz rechtzeitig erfaßt werden. Im Wachstumsschub kann dagegen die Korsettindikation großzügig gestellt werden, wobei aber öfters kontrolliert werden sollte.

Zur Früherkennung kann in diesem Sinn bereits beigetragen werden, wenn z.B. bei Schuluntersuchungen von 10 - 14jährigen Schülern auf diskrete Haltungsanomalien geachtet wird.

Anmerkung: In einer Querschnittsuntersuchung von Winter 1957 (zit. in: Die Lumbalskoliose, Heine 1980) hatten 12% der 10 - 14jährigen einen Krümmungswinkel zwischen 5° und 15° !

2. Skelett reife

Ein weiteres prognostisches Kriterium ist die Beurteilung des biologischen Alters anhand der Skelett reife. Als gängige Methode hat sich hierzu die Beurteilung der Darmbeinkammapophysen mit der Stadieneinteilung nach Risser durchgesetzt. (siehe Kap. 2). Bei unseren Untersuchungen wiesen die Reifezeichen aller Skoliosen mit progredientem Verlauf im Durchschnitt nur Risserstadium I auf; alle Fälle mit konstantem bzw. gebessertem Verlauf zeigten im Schnitt Risser II - III, aber niemals Risserstadium 0 - I. Ebenso fanden wir eine auffällige Korrelation zwischen der Progredienz und den Risserstadien. Die höchste Krümmungszunahme (thorakal $3,2^{\circ}$ / 6 Monate; lumbal $3,6^{\circ}$ / 6 Monate) lag bei Risser 0 - I. Die geringste Progredienz war im Thorakalbereich bei Risser III - IV festzustellen. Im Lumbalbereich kam es im Schnitt sogar zu einer leichten Besserung der Krümmung bei Risser II - III.

Zeigten die Skoliosen Risserstadien von III und IV, so trat in über 55% der Fälle keine weitere Progredienz auf; lag hingegen Risser 0 - I vor, so kam es bei mehr als 80% der Skoliosen zu einer Verschlechterung, bzw. bei etwas weniger als 20% zu Rückbildungstendenzen (siehe Abb. 14, 15).

Auf die Skelettreife als ein prognostisches Kriterium wurde bereits in der Fachliteratur hingewiesen. Collis und Ponseti (1969) stellten die geringste Progredienz bei verwachsenen Darmbeinkammaphysen fest. Auch Duval und Beaupère (1970) meinten, der Reifeindex sei für die Wachstumsprognose von Bedeutung. Risser und Ferguson (1936) gaben bei 44% ihres Patientengutes eine Progredienz bei Risserstadien 0 - III an. Scheier (1967) hob die Bedeutung der Risserstadien als ein prognostisches Kriterium hervor, und wies gleichzeitig auf das Sistieren der Progredienz bei vollendeter Skelettreife hin. Zauoussis (1958) wertete die Risserzeichen als genaue Kriterien, konnte aber nur angeben, daß die stärkste Progredienz zwischen Risser I und IV auftritt. Erst ab Risser V konnte er keine Progredienz mehr erkennen.

Unsere Ergebnisse können diese Angaben nicht nur bestätigen, sondern noch genauer differenzieren:

1. Je jünger der Patient im biologischen Sinn ist, desto größer ist sein Wachstumspotential, umso höher ist das Risiko einer Progredienz und umso schlechter die Prognose.
2. Eine schlechte Prognose ist im Stadium 0 - I aufgrund der hohen Progredienz sicher zu erwarten, ab Stadium III - IV dagegen nur bei zusätzlich anderen hohen Risikofaktoren.

Bis zum Risserstadium II ist unbedingt eine Korsettversorgung zu empfehlen. Im Stadium III sollten weitere Parameter entscheiden.

3. Ab dem 15. Lebensjahr, wenn der Wachstumsschub beendet ist, die Menarche etwa 1 - 2 Jahre zurückliegt und Risserstadium III und mehr erreicht ist, kann man einen guten Verlauf erwarten. Ein Korsett ist dann in der Regel nicht mehr indiziert.

3. Menarche

In unserem Patientengut stellte sich die Menarche bei Mädchen als hilfreiches Kriterium heraus. Sie dient zur Beurteilung des Wachstumspotentials und der Progredienz. Nach der Menarche kommt es bekanntlich zu einer Verlangsamung des Wachstums bei Mädchen. Der wachstumsbremsende Faktor ist auf die Wirkung der Östrogene zurückzuführen, die im Verhältnis zum Wachstumshormon ansteigen.

Neugebauer (1981) ("Hormonkorsett") verschrieb Mädchen bei schnellem Wachstum und starker Progredienz die Pille, und erreichte somit durch vorzeitigen Epiphysenschluß eine Hemmung der Progredienz. Nach Tanner (1971) kommt es innerhalb eines Zeitraums von zwei Jahren zum Wachstumsabschluß. Bei Zauoussis (1958) lag der Zeitpunkt der Menarche in seinem Patientengut bei durchschnittlich 13 1/2 Lebensjahren.

Nach unseren Ergebnissen hatte die Gruppe der progredienten Skoliosen ein Durchschnittsalter von 12,3 Jahren; demgegenüber standen die Skoliosen mit guter Prognose mit einem mittleren Alter von 13,2 Jahren. Unsere Vermutung, daß bei diesem Kollektiv die Menarche schon früher eingetreten war, wurde bestätigt:

1. In der Skoliosengruppe mit guten Verläufen lag die Menarche bei 60% der Mädchen, die ein Korsett trugen, etwa 6 Monate und mehr zurück. In der Gruppe ohne Korsett waren es 80%. Bei 20% der Mädchen lag die Menarche erst 2 Monate zurück.

2. Demgegenüber stand die Gruppe der progredienten Skoliosen; bei den Korsettträgerinnen hatten nur ca. 10% ihre Menarche vor durchschnittlich 1,5 Monaten bekommen. In der Gruppe ohne Korsett ist die Menarche bei 50% der Mädchen erst vor 1,5 Monaten eingetreten.

Besonders hoch war die Progredienz bei Patientinnen ohne Menarche (im Schnitt $2,6^0$ / 6 Monate). Lag sie dagegen länger als 12 Monate zurück, so kam es im Lumbalbereich und Thorakalbereich zu keiner Krümmungszunahme (siehe Abb. 16). Diese Ergebnisse stimmen somit mit den Aussagen von Tanner überein.

Eine schlechte Prognose ist dann zu stellen, wenn die Menarche noch nicht, bzw. erst vor kurzem eingetreten ist, und folglich eine wachstumsbedingte Progredienz zu befürchten ist. Eine Korsettversorgung ist in diesen Fällen unbedingt erforderlich. Liegt die Menarche aber ein Jahr und mehr zum Zeitpunkt der Skoliosemanifestation zurück, so ist ein guter Verlauf zu erwarten. Da hier keine wesentliche Progredienz mehr befürchtet werden muß, ist die Indikation zur Korsettversorgung zurückhaltend zu stellen.

4. Geschlecht

Die idiopathische Skoliose betrifft überwiegend Mädchen in einem Verhältnis von 7 : 1 (w : m) (n. Matzen u. Mitarb., 1983). Dabei ist zu bemerken, daß primär vor dem 10. Lebensjahr der Manifestationsindex bei beiden Geschlechtern etwa gleich ist. Erst danach zeigt sich bei den früh-adoleszenten Skoliosen der Mädchen eine deutliche Verschlechterungstendenz. Es wird deshalb bei der idiopathischen Skoliose ein genetischer Aspekt der

Pathogenese angenommen (nach: Lange u. Hipp, 1981; Lindemann, 1958; Heine, 1980).

In unserem Krankengut betrug das Verhältnis $w : m$ etwa 5,5 : 1. Bei den progredienten Fällen war das Verhältnis deutlich zugunsten der Mädchen verschoben. Bei Skoliosen mit günstigen Verlauf war der Anteil der Buben merklich größer. Generell läßt sich sagen, daß die Skoliose bei Mädchen in der Pubertät häufiger und progredienter vorkommt. Da die Mädchen eben eine schlechtere Prognose haben, sollten gerade die Faktoren Alter, Risserzeichen und Menarche genau beobachtet werden. Bei männlichen Patienten scheint die Skoliose im allgemeinen günstiger zu verlaufen.

II Klinischer Befund

1. Körpergröße

Untersuchungen der Körpergröße ergaben, daß diejenigen Patienten, deren Skoliosen sich verschlechterten, im Schnitt etwa 10 cm kleiner waren, als jene, deren Skoliosen nicht progredient waren. Dieser Befund läßt sich nach unseren Überlegungen folgendermaßen erklären:

1. Die Patienten, deren Skoliosen einen guten Verlauf zeigten, waren durchschnittlich etwa 13 Monate älter.
2. Die Skoliosen dieser Gruppe wurden erst später apparent.
3. Der Wachstumsschub war bereits überwiegend abgeschlossen.
4. Der Wachstumsschub bzw. die Skelettreifung verläuft bei den progredienten Fällen möglicherweise verzögert ab.
5. Die Skoliose übt selbst einen gewissen hemmenden Effekt auf das Größenwachstum aus.

Eine Erklärung der unterschiedlichen Körpergröße durch verschiedene Ausgangskrümmungen im Sinn einer krümmungsbedingten Rumpfverkürzung ist ausgeschlossen; bei den Vergleichsgruppen waren die Ausgangskrümmungen etwa gleich.

Nach amerikanischen Studien wird ein Reifungsfaktor vermutet, der für die Reifungsverzögerung und Progredienz verantwortlich gemacht wird. Auch die Beteiligung eines Stoffwechselfaktors wird vermutet (nach: Lange u. Hipp, 1981). Nach Mehta (1981) kommt es bei den progredienten Skoliosen zu einer späteren Skelettreife zwischen dem 15. und 18. Lebensjahr.

Von allen Möglichkeiten scheint die sinnvollste Erklärung diejenige zu sein, daß die Patienten mit ihren progredienten Skoliosen nicht nur ein Jahr jünger und deshalb kleiner sind, sondern vor allem den Wachstumsschub noch vor sich haben.

Als therapeutische Konsequenzen ergeben sich daraus, daß die relativ kleinen Patienten vor und während des Wachstumsschubs kurzfristiger Kontrollen bedürfen. Um den Wachstumsschub nicht zu verpassen, sollte Alter, Risserzeichen und Menarche überwacht werden. Aufgrund der ungünstigen Prognose der vor dem Wachstumsschub stehenden Patienten sollte mit der Korsettbehandlung früh begonnen werden.

2. Rippenbuckel und Lendenwulst

Der Rippenbuckel und Lendenwulst ist das klinische Zeichen einer Wirbelsäulenrotation. Im Rahmen pathologischer Veränderungen kommt es nicht nur zur Rotation des Wirbelkörpers, sondern auch zur Torsion des Wirbelkörpers in sich, zu einer Abweichung des Dornfortsatzes und zu deformierten Wirbelgelenken (nach: Löffler u. Rosemeyer, 1984). Von ausschlaggebender Bedeutung ist die Rotation jedoch bereits zum Zeitpunkt der Manifestation der Skoliose.

Die klinische Untersuchung des Rippenbuckels und Lendenwulstes, sowie der Rotation im Röntgenbild haben sich als ein sehr wesentliches und sicheres prognostisches Kriterium herausgestellt.

So nahm der Rippenbuckel bzw. Lendenwulst in 81% aller progredienten Skoliosen zu und in 91% aller gebesserten und konstant gebliebenen Fälle ab; für klinische Verlaufskontrollen eignet er sich somit als zuverlässiger Faktor. Der Rippenbuckel war bei den progredienten Skoliosen deutlich größer. Bei den Fällen mit guter Prognose betrug die Rippenbuckelhöhe immer weniger als 10 mm, nämlich im Durchschnitt etwa 7 mm. Auch die Analyse der Beziehung zwischen Rotation und Progredienz zeigt die enge Korrelation an:

Die Progredienzrate stieg mit zunehmenden Rippenbuckel bis zu 4° pro 6 Monate bei 2,5 cm Buckelhöhe. Schon ab einem Rippenbuckel von 0,5 cm konnte eine durchschnittliche Progredienz von 1° pro 6 Monate gemessen werden. (siehe Bildlegende Abb. 17, 18, 19, 20, 21).

Diese lineare Beziehung besagt, daß die Progredienz umso stärker wird, je höher die Rotation am Anfang war.

Unsere Ergebnisse bestätigen somit die Arbeit von Ponte (1982), der anhand eines großen Patientengutes (angeblich 5000 Fälle) folgende Feststellung über Rotation und Progredienz machen konnte:

Skoliosen mit einem Rippenbuckel über 11 mm waren progredient ! Ponte sieht im Rippenbuckel ein genaues Kriterium zur Prognosestellung. Im Gegensatz zu echten, strukturellen Skoliosen bewertet er leichtere Fehlhaltungen und Skoliosen bei M. Scheuermann als prognostisch günstig.

Bei der Untersuchung des Lendenwulstes zeigte sich ganz analog, daß er bei progredienten Skoliosen im Durchschnitt größer war als bei den gebesserten bzw konstant gebliebenen Fällen. Letztere ohne Korsettversorgung hatten den durchschnittlich geringsten Lendenwulst (0,5 cm). Alle Fälle über 0,5 cm waren mehr oder weniger deutlich progredient.

Die Bedeutung der Rotation wird auch in der linearen Beziehung zur Progredienz deutlich:

Während ein Lendenwulst von 0,8 cm bereits eine Progredienz von $0,3^{\circ}$ pro 6 Monate im Schnitt hatte, wuchs die Progredienzrate bei einer Wulsthöhe von 2 cm auf das sechsfache (5° /6 Monate). Bemerkenswert ist die hohe Progredienzrate bei vergleichsweise geringem Lendenwulst. Die unterschiedliche Ausprägung von Rippenbuckel und Lendenwulst bei gleicher Progredienz ist dadurch erklärbar, daß im Lumbalbereich durch das Fehlen von Rippen nur der kurze Hebelarm der Querfortsätze wirksam werden kann. Aus diesem Grund sollte ein noch so geringer Lendenwulst wegen seines hohen Progredienzrisikos nicht unterschätzt werden (siehe Abb. 20, 21).

James (1954) und Heine (1980) vertraten die Auffassung, daß es sich bei Lumbalskoliosen um einen benignen Typ mit geringer Progredienz handelt.

Dies konnten wir nicht bestätigen. Vielmehr kann sich hinter einem kleinen Lendenwulst eine erhebliche Progredienz verbergen.

Zur Prognose und Therapie läßt sich folgendes zusammenfassen:

Bei einem Rippenbuckel über 1,5 cm und einem Lendenwulst über 1 cm ist mit einer Progredienz zu rechnen. Die Korsettversorgung sollte deshalb bei einem Rippenbuckel von 1,0 cm und einem Lendenwulst Zwischen 0,5 und 1,0 cm erfolgen.

Ein Rippenbuckel unter 1,0 cm und ein Lendenwulst unter 0,5 cm sind zwar prognostisch günstig, sollten aber fortlaufend kontrolliert werden. Lassen klinische Kontrollen eine Progredienz erkennen, kann bereits hier mit dem Korsett begonnen werden. Eine therapierefraktäre Progredienz ist bei einem Rippenbuckel über 1,5 cm und einem Lendenwulst über 1 cm nicht auszuschließen.

3. Beckentiefstand

Nach unseren Ergebnissen ist der Beckentiefstand kein geeigneter prognostischer Faktor. Sowohl die progredienten, als auch die nicht-progredienten Fälle wiesen einen Tiefstand in gleicher Häufigkeit auf. Bei hohen Ausgangskrümmungen war ein Tiefstand etwas häufiger festzustellen; eine eindeutige Korrelation ließ sich nicht feststellen. Eine wichtige Voraussetzung in der Diagnostik ist die Differenzierung zwischen einem Skoliose-bedingten Beckentiefstand und einem statisch, durch Beinlängendifferenz bedingten Tiefstand.

Auf den ungünstigen Einfluß einer nicht ausgeglichenen Beinlängendifferenz hatte Heine (1980) hingewiesen. Die Übertragung einseitiger Zug- und Druckkräfte auf die Wirbelsäule hat bei einem Beckentiefstand ihre Auswirkung auf die Progredienz einer Skoliose (Heine, 1980).

4. Überhang

Nach unserer Meinung ist der Thoraxüberhang nur als zusätzlicher, prognostischer Faktor anzusehen. Bei Skoliosen mit eindeutiger Progredienz und Ausgangskrümmungen über 40° (thorakal + lumbal) war der Überhang größer als 1 cm (siehe Abb. 22).

Die von Heine (1980) beschriebene Korrelation zwischen Thoraxüberhang, Skoliosewinkel und Progredienz konnten wir in unserem Krankengut nicht vorfinden. Jedoch waren eindeutig schlechte Verläufe bei einem Thoraxüberhang größer 1 cm zu sehen. Bei einem Überhang über 1,5 cm ist auf alle Fälle aus Gründen der Progredienz und der Stabilisierung die Korsettversorgung nötig. Ein Überhang von 1 cm ist prognostisch ungünstig; bei nachweisbarer Progredienz kann das Korsett frühzeitig eingesetzt werden. Ein Überhang von 0,5 cm erlaubt nur eine zurückhaltende Therapie und sollte beobachtet werden.

III Röntgenologischer Befund

1. Ausgangskrümmung

In unserem Krankengut waren die Ausgangskrümmungen der Skoliosen, die sich mit Korsett gebessert oder verschlechtert hatten, annähernd gleich; auch die Anzahl der Patienten war vergleichbar. Gegenüber diesen Korsett-Patienten hatten diejenigen Fälle, die nur mit Krankengymnastik erfolgreich therapiert wurden, eindeutig geringere Ausgangskrümmungen. Während hier der Mittelwert pro Einzelkrümmung $13,5^{\circ}$ betrug, lag er bei den Gruppen, die mit Korsett behandelt werden mußten, jeweils über 24° . Da bei Skoliosen unter 20° kein progredienter Verlauf zu erkennen war, darüber aber sich eine Tendenz zur Progredienz entwickelte, ist eine Verschlechterungstendenz ab Krümmungswinkel von 20° zu erwarten. Unter 15° sind spontane Teilrückbildungen der Skoliose zu beobachten. Die Ausgangskrümmung scheint allerdings bei geringgradigen Skoliosen nicht von so entscheidender Bedeutung zu sein, wie die Faktoren Wachstum, Reife und Rotation andeuten.

Trotz annähernd gleicher Krümmungswinkel von 55° bei den Skoliosen mit Korsett gab es zur Hälfte sowohl gute, als auch schlechte Verläufe. (siehe Abb. 23). Erst die Auswertung der Krümmungen im Verlauf spiegelte eine gewisse Beziehung, aber dennoch keine lineare Korrelation wider:

Bei Werten unter 20° war die Progredienz gering (thorakal: $0,5^{\circ}/6$ Monate; lumbal: $1,4^{\circ}/6$ Monate). Zwischen 20° und 40° stieg sie auf durchschnittlich 1° bzw. $1,7^{\circ}/6$ Monate (thorakal bzw. lumbal). Über 40° lag die Krümmungszunahme über $2^{\circ}/6$ Monate. Eine verstärkte Progredienz bei höhergradigen Winkeln läßt sich eindeutig nachweisen. Lumbale Krümmungen bis 40° sind sogar etwas progredienter als thorakale. Etwa 70% aller Skoliosen zeigten bei Krümmungen unter 30° gute Verläufe, etwa 50% hatten sich bei Winkeln über 30° verschlechtert. Das deutet darauf hin, daß man bei adäquater Therapie günstige Verläufe nur bei Skoliosen unter 30° erwarten kann (siehe Abb. 23 u. 24). Bei Matzen u. Mitarb. (1983) waren 48% der Skoliosen unter 30° ohne eine Verschlechterung im Verlauf.

In der Fachliteratur ist die Prognose und Therapie bezüglich des Krümmungswinkels unterschiedlich: Nach Scheier (1967) ist eine Progredienz erst ab einem Winkel von 25° zu erwarten, bei Chapchal und Waigand (1971) ab Krümmungen von 20° . Nach Lange und Hipp (1981) wurde bis 30° konservativ ohne Korsett behandelt. Bei Torell u. Mitarb. (1981) ist das Korsett ab 25° indiziert, und bei Matzen u. Mitarb. (1983) liegt die Indikation ab Krümmungen von 20° . Weinstein und Ponseti (1983) konnten dagegen bei Skoliosen unter 30° keine Progredienz feststellen.

Aufgrund unserer Erfahrung stellt die Ausgangskrümmung kein so wesentliches prognostisches Kriterium dar, wie bisher angenommen wurde. Eine exakte Prognose läßt sich bei Skoliosen über 20° vom Krümmungswinkel allein nicht ableiten.

Im Zusammenhang kann man aber bei Skoliosen unter 15° (Einzelkrümmung) mit einem Rippenbuckel kleiner 1 cm und einem Rotationsgrad unter I (n. Moe) eine gute Prognose erwarten. Krankengymnastik und engmaschige Verlaufskontrollen von Wachstumsschub und Rotation sind vorerst ausreichend. Bei Skoliosen unter 20° Krümmung kann unter günstigen Bedingungen mit Krankengymnastik allein bisweilen erfolgreich behandelt werden. Im Wachstumsschub und bei auftretender Progredienz sollte das Korsett schon ab 15° Krümmung getragen werden. Im Zweifelsfall entscheiden die zusätzlichen Hauptkriterien, wie z.B. Alter, Risser und Rotation.

Einen schlechten Verlauf muß man bei Skoliosen über 20° erwarten; spätestens hier sollte die Korsettversorgung beginnen. Bei Krümmungen über 40° muß man mit Sicherheit mit einer Progredienz rechnen. Wenn aber Skoliosen noch nach der Skelettreife progredient bleiben, sollte man den fraglichen Nutzen einer Korsetttherapie gegenüber einer Operation abwägen.

2. Harrington - Index

Der Harrington-Index (= Verhältnis von Krümmungswinkel zu Anzahl der beteiligten Wirbelkörper) erwies sich in unserer Studie als prognostisches Zusatzkriterium, wenngleich er in der allgemeinen Fachliteratur keinen derartigen Stellenwert besitzt. Ausgangspunkt war die Überlegung, daß kurz- bzw. langbogige Skoliosen sich durch biomechanische Kräfte, strukturelle Veränderungen und unterschiedliche Verlaufstendenzen unterscheiden.

Wir untersuchten deshalb das Verhältnis zwischen Harrington-Index und Progredienz und seine prognostische Relevanz.

In unserem Krankengut hatten Skoliosen, die sich mit alleiniger Krankengymnastik bessern konnten, einen Harrington-Index unter 3,5 pro Einzelkrümmung; diese Fälle besaßen einen Krümmungswinkel unter durchschnittlich 20° , einen Rippenbuckel unter 1 cm und eine Rotation unter I (Moe).

Schlechte Verläufe waren hingegen bei einem Index über 3,5 festzustellen. Die Krümmungen lagen hier über 20° , der Rippenbuckel über 1 cm und der Rotationsgrad über I. Trotz etwa gleich großer Indices von ca. 9 und einem Krümmungswinkel von 55° gab es in der Gruppe der Korsett-Patienten sowohl gute als auch schlechte Verläufe. (siehe Abb. 26). Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, daß Krümmungswinkel und Harrington-Index bei höhergradigen Skoliosen für die Prognose nicht so wichtig sind, wie z.B. Alter, Risserzeichen, Rippenbuckel und Rotation.

Bei unseren Untersuchungen konnten wir feststellen: Je größer der Harrington-Index (d.h. je kleiner der Krümmungsradius) war, desto größer war auch die Progredienz. 61% der gebesserten und konstant gebliebenen Skoliosen hatten einen Index zwischen 1 und 5. Unter einem Wert von 3,0 (2,7 thorakal; 2,7 lumbal) gab es keine progredienten Skoliosen. Etwa 50% dieser Fälle zeigten eine Verbesserung der Ausgangskrümmung. Zwischen 3,5 und 5,5 konnten sich nur noch 30% der Krümmungen verbessern. Im Bereich von Index 3,5 - 4,0 thorakal, bzw. 2,5 - 4,5 lumbal betrug die Progredienz $1,7^{\circ}$ pro 6 Monate. Bei einem Index über 8 stieg die Progredienzrate auf $4^{\circ}/6$ Monate (im Thorakalbereich) bzw. $2,6^{\circ}/6$ Monate (im Lumbalbereich).

Etwa 80% dieser Skoliosen verschlechterten sich, und 20% blieben konstant. (siehe Abb. 27 u. 28).

Über die prognostische Relevanz des Harrington-Index konnten wir in der Fachliteratur kaum einen Hinweis finden. Aus Untersuchungen von Chapchal und Waigand (1971) ging hervor, daß der Harrington-Index bei physiologischen Bewegungen nie den Wert von 1,5 - 2 überschreitet, und daß höhere Werte auf pathologische Veränderungen hinweisen. Auf eine bessere Therapierbarkeit und eine geringere Progredienz von langbogigen Krümmungen wurde sowohl von Heine (1980), als auch von Lange und Hipp (1981) hingewiesen.

Nach unseren Untersuchungen ist der Harrington-Index als prognostisches Zusatzkriterium anzusehen. Zwischen dem Index und der Progredienz besteht die Korrelation: Je höher der Harrington-Index ist, desto größer ist auch die Krümmungszunahme. Skoliosen mit einem Wert über 3,5 haben eine schlechte Prognose; dies betrifft Krümmungen über 20° mit weniger als fünf Wirbelkörpern pro Krümmung. Liegt der Index unter 2,5, so ist noch eine gute Verlaufstendenz zu erwarten; Krankengymnastik und klinische Kontrollen sind ausreichend. Ab einem Index von 3,0 sollte man - wenn zusätzliche Kriterien auf eine Progredienz hinweisen - die Indikation zum Korsett stellen. Bei Skoliosen mit einem Wert über 8,0 und progredientem Verlauf sollte man eine Operation der konservativen Korsettbehandlung vorziehen. Für eine genaue Prognose ist der Harrington-Index im Zusammenhang mit anderen Parametern zu bewerten.

3. Rotation

Die Analyse der Scheitelwirbelrotation ließ eine enge Korrelation zwischen Rotation und Progredienz erkennen. Im Gegensatz zu Skoliosen mit geringer Rotation hatten diejenigen Fälle mit starker Rotation eindeutig schlechtere Verlaufsergebnisse. Während bei Skoliosen mit Rotationsgrad unter I (n. Moe) keine Progredienz auftrat, kam es im allgemeinen über Grad I immer zu einer Krümmungszunahme. Diejenigen mit der besten Prognose hatten eine Rotation zwischen Grad 0 und I (durchschnittlich 0,66) und zeigten eine Spontanbesserung mit krankengymnastischer Therapie. Der Rotationsgrad der prognostisch ungünstigen Skoliosen lag bei II. In diesem Kollektiv unterschied sich eine Gruppe mit gutem Verlauf und geringerer Rotation von einer vergleichbaren Gruppe mit ausgeprägter Rotation und progredientem Verlauf. Letztere hatten zu 54% einen Rotationsgrad über II, zu 54% einen Rippenbuckel über 2 cm und in 81% Risserstadien zwischen 0 und I. Bei einer Rotation von Grad II konnten nur 16% der thorakalen - und eine einzige lumbale Krümmung konstant gehalten werden. Von den Skoliosen mit guter Verlaufstendenz, von denen 61% mit Korsett und 39% mit Krankengymnastik behandelt wurden, lag die Rotation bei 66% der Fälle zwischen 0 und I; ferner hatten 90% einen Rippenbuckel unter 2 cm und einen Lendenwulst unter 1 cm. Gerade die Verlaufsuntersuchungen verdeutlichten die Bedeutung der Rotation: Je stärker die Rotation ausgeprägt war, desto höher war die Progredienzrate. Beispiel: Bei kaum feststellbarer Rotation (Grad 0 bzw. 0 - I) mit einer durchschnittlichen Progredienz von 1° /6 Monate stieg bei Rotationsgrad II die Progredienz auf 3° (thorakal) bzw. $4,5^{\circ}$ (lumbal) pro 6 Monate (siehe Abb. 29, 30, 31).

Obwohl die Bedeutung der Rotation bekannt war, wurde gemäß der Fachliteratur vorwiegend der Krümmung eine prognostische Bedeutung zugemessen (Risser und Ferguson, 1936; James, 1954; Scheier, 1967; Collis und Ponseti, 1969; Blount, 1981; Lange und Hipp, 1981; Ponte, 1982; Matzen und Mitarb., 1983). Beispielsweise wiesen Chapchal und Waigand(1971) auf die enge Beziehung zwischen Rotation, Progredienz und strukturellen Veränderungen hin, ohne aber exakte Parameter zu nennen. Heine (1980) verwies im Rahmen einer Studie auf die pathogenetischen Auswirkungen von Rotationsfehlstellungen und beschrieb eine enge Beziehung zwischen Krümmungsgrad und Rotationsgrad. Eine derartige Korrelation ging aus unseren Untersuchungen nicht hervor. Vielmehr wird unser Ergebnis durch eine Arbeit von Mau (1982) bestätigt, in der Wachstumsschub, Wirbelsäulenrotation und strukturelle Veränderungen als unmittelbare Progredienzfaktoren angesehen werden. Eine wesentliche Bestätigung unserer Ergebnisse finden wir auch in der Studie von Löffler und Rosemeyer (1984). Anhand von CT-Bildern des Scheitelwirbels konnten sie bei Skoliosen unter 20° Krümmung bereits strukturelle Veränderungen und Wirbelkörper torsionen nachweisen, die radiologisch nicht erfaßbar waren, jedoch den weiteren Verlauf bestimmten.

Folgende Ergebnisse lassen sich zusammenfassen:
Die Rotation des Scheitelwirbels stellt neben den Faktoren Alter, Risserzeichen, Rippenbuckel ein prognostisches Hauptkriterium dar. Eine gute Prognose ist bei Rotationsgraden unter I (n. Moe), sowie einem Rippenbuckel unter 1,5 cm und einem Lendenwulst unter 1 cm zu erwarten. Exakte Kontrollen, besonders öfters im Wachstumsschub, sind zu empfehlen. Weisen die übrigen Parameter auf keine Progredienz hin, ist eine Krankengymnastik noch ausreichend. Im Zweifelsfall

kann mit CT-Bildern (n. Löffler u. Rosemeyer) der für die Therapie richtungsweisende Nachweis von strukturellen Deformationen im Frühstadium erbracht werden. Ab dem Rotationsgrad I und einem Rippenbuckel größer 2 cm, bzw. Lendenwulst größer 1 cm ist mit einer Krümmungsverschlechterung zu rechnen. Eine Korsettversorgung ist dringend erforderlich und kann eine Progredienz unter Umständen noch aufhalten. Erreicht die Rotation Grad II, so ist eine erhebliche Verschlechterung zu erwarten. In ausgeprägten Fällen kann durch eine Korsettbehandlung die Progredienz nicht mehr aufgehalten werden. Eine operative Korrektur sollte erwogen werden.

4. Lage des Scheitelwirbels

Bei unseren Untersuchungen über die Lokalisation des Scheitelwirbels konnten wir folgendes feststellen: Die Scheitelwirbel lagen in Höhe von BWK 7 bis BWK 10 und LWK 1 bis LWK 3. Skoliosen, deren Scheitelwirbel bei LWK 1 und 2 lag, wurden im Verlauf progredient. Die Krümmungszunahme betrug bei einem Zeitraum von 6 Monaten durchschnittlich $3,7^{\circ}$ bei LWK 1 und $2,1^{\circ}$ bei LWK 2. Im Gegensatz dazu kam es bei Skoliosen mit Scheitelwirbel bei LWK 3 zu einer Krümmungsabnahme von $2,6^{\circ}$ pro 6 Monate. Auffällig war auch, daß 60% der nicht-progredienten Skoliosen den Scheitelwirbel bei LWK 3 hatten.

Im Thorakalbereich war die Tendenz zur Progredienz geringer: Etwa 56% der Skoliosen mit Scheitelwirbel bei BWK 7, 8 und 9 wurden progredient, d.h. 44% der Fälle blieben konstant oder verbesserten sich. In der Gruppe der verschlechterten Skoliosen war nie ein Scheitelwirbel bei BWK 10 zu finden; bei 60% war sogar eine Krümmungsabnahme von durchschnittlich $0,4^{\circ}$ / 6 Monate vorhanden (siehe Abb. 32).

Die ungünstige Prognose von Thorakalskoliosen wurde bereits von vielen Autoren beschrieben: (Ponseti und Friedmann, 1950; James, 1954; Scheier, 1967; Chapchal und Waigand, 1971; Lange und Hipp, 1981; Blount, 1981; Matzen und Mitarb., 1983).

Nach Scheier (1967) ist bei Thorakalskoliosen die Prognose umso schlechter, je höher der Scheitelwirbel über BWK 8 und 9 liegt. Bei den prognostisch günstigeren Lumbalskoliosen befinden sich dagegen die Scheitelwirbel zwischen LWK 1 und 3 (n. Heine 1980). Neuere Untersuchungen nach Avikainen und Vaherto (1984) haben ergeben, daß die rechtskonvexen Skoliosen deutlich bevorzugt im Bereich von BWK 5 bis 9 und BWK 10 bis LWK 3 lokalisiert sind, während die linkskonvexen Skoliosen mehr zwischen BWK 12 bis LWK 4 liegen.

Dies entspricht auch unseren Ergebnissen:

Hochsitzende Krümmungen im Thorakal- und Lumbalbereich neigen stärker zur Progredienz. Eine ungünstige Prognose haben Scheitelwirbel bei BWK 7 bis 9 und LWK 1 und 2. Trotz der angeblich guten Prognose der Lumbalskoliosen (Heine, 1980) waren erhebliche Verschlechterungen der Krümmungen aufgetreten. Prognostisch günstig sind dagegen Scheitelwirbel bei BWK 10 und LWK 3.

Die Lage des Scheitelwirbels ist bei Prognosestellung stets als ein Zusatzkriterium zu betrachten und anderen Parametern unterzuordnen.

5. Skoliosetyp

Der Typ der S-förmigen Skoliose war häufiger vertreten als der Typ der C-förmigen Einzelkrümmung. Am häufigsten war der C-Typ in der Gruppe der prognostisch günstigsten Skoliosen anzutreffen (ca. 30%). Die Eigenschaft "Langbogigkeit" der

von thorakolumbalen Einzelkrümmungen scheint im Vergleich zur doppelbogigen Skoliose zu besseren Verlaufsergebnissen zu führen. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von Ponseti und Friedmann (1950) beschrieben. Nach unserer Erfahrung haben Skoliosen mit kurzbogiger Krümmung im präpubertären Wachstum ein erhöhtes Risiko, die ungünstige S-Form mit kompensatorischer Gegenkrümmung zu entwickeln, falls ein progredienter Verlauf sich anbahnt. Die bessere Prognose von langbogigen Einzelkrümmungen läßt sich dadurch erklären, daß diese Form mit geringem Krümmungswinkel und vielen Wirbelkörpern weniger pathologische Druck- und Zugkräfte entwickelt, die strukturelle Veränderungen bewirken können. Auf die Bedeutung des Krümmungsradius wurde bereits im Kapitel Harrington-Index hingewiesen. Bei den S-förmigen Skoliosen traten häufig kurzbogige Krümmungen mit hohem Harrington-Index auf. Im allgemeinen haben langbogige C-Skoliosen eine entsprechend gute Prognose, falls keine zusätzlichen Hinweise für eine Progredienz vorhanden sind; in diesen Fällen kann eine Krankengymnastik ausreichend sein.

6. Konvexität

Die Anzahl der rechtskonvexen Skoliosen war mit 62% in unserem Krankengut größer als die Zahl der linkskonvexen Krümmungen. Die Angaben der Fachliteratur schwanken bezüglich der Häufigkeit der Rechtkonvexität zwischen 60% und 80% (Heine, 1980). Nach unseren Angaben hatten alle Skoliosen bis auf diejenigen mit spontaner Besserung ohne Korsettversorgung zu etwa 60% bevorzugt rechtskonvexe Primärkrümmungen. Skoliosen mit guter Prognose waren zu 60% linkskonvex. Sie tendierten gegenüber den rechtskonvexen zu besseren Verlaufsergebnissen.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Untersuchung klinischer und radiologischer Kriterien zur prognostischen Beurteilung der idiopathischen Skoliose im frühen Stadium. Ausgehend von einem Patientengut von 73 Fällen mit einem Durchschnittsalter von 12,5 Jahren wurden die erhobenen Befunde und Daten über einen Beobachtungszeitraum von 2,4 Jahren retrospektiv ausgewertet. Durch Unterteilung nach Therapieart und Verlauf wurden 4 Patientengruppen gebildet: Gruppe A mit Krümmungsverschlechterung trotz Korsettbehandlung, Gruppe B mit Krümmungsbesserung unter Korsetttherapie, Gruppe C mit Krümmungsverschlechterung unter krankengymnastischer Therapie und Gruppe D mit Besserung unter krankengymnastischer Therapie. Folgende Faktoren wurden über den ganzen Beobachtungszeitraum eines jeden Patienten in 6-monatigen Abständen untersucht: Alter, Risserzeichen, Menarche, Rippenbuckel, Lendenwulst, Beckentieftand, Stehgröße, Sitzgröße, Armspann, Krümmungswinkel, Harrington-Index, Rotation und Überhang.

Es zeigte sich, daß für die klinische Verlaufskontrolle die Faktoren Stehgröße, Sitzgröße und Armspann, sowie Rippenbuckel und Lendenwulst besonders gut geeignet sind. Aufgrund der engen Korrelation zum Verlauf läßt sich in über 90% der Fälle durch einfache Meßmethoden eine Zu- oder Abnahme der Krümmung erkennen. Für die Prognosestellung selbst sind die folgenden, nach ihrer Wertigkeit geordneten Faktoren maßgeblich. Wichtig dabei ist nicht die Beurteilung eines einzelnen Wertes, sondern die gemeinsame oder überwiegende Aussage der Faktoren.

Die idiopathische Skoliose hat eine gute Prognose, ...

1. wenn sich die Skoliose bereits lange vor,
oder erst nach dem Wachstumsschub manifestiert hat,
d.h. die Patienten zu dem Zeitpunkt jünger als
10 Jahre oder älter als 15 Jahre sind.
2. je fortgeschrittener die Skelettreife ist, d.h.
je höher die Risserstadien sind. Während bei
Risserstadium I über 80% der Skoliosen sich ver-
schlechterten, zeigte sich im Stadium IV und V
keine Krümmungszunahme.
3. je länger die Menarche bei den Mädchen zurück-
liegt. Trat die Menarche vor mehr als einem Jahr
auf, gab es kaum eine Tendenz zur Progredienz.
4. wenn der Rippenbuckel unter 2 Zentimeter und der
Lendenwulst unter 1 Zentimeter liegt.
5. wenn die Rotation des Scheitelwirbels im Röntgen-
bild weniger als Grad I beträgt.
6. wenn der Krümmungswinkel pro Krümmung noch unter
15 Grad liegt und der Harrington-Index kleiner
als 3 ist.

Eine schlechte Prognose ist dann zu stellen, ...

1. wenn sich die Skoliose im Wachstumsschub oder
kurz zuvor manifestiert hat, bzw. der Patient zwi-
schen 10 und 14 Jahren alt ist.
2. wenn die Risserstadien zwischen 0 und II liegen.
3. wenn die Menarche bei den Mädchen noch nicht
oder kurz vor Beginn der Skoliose eingetreten ist.
4. wenn der Rippenbuckel größer als 2, bzw. der Len-
denwulst größer als 1 Zentimeter ist.
5. wenn der Krümmungswinkel über 25 Grad mißt und
der Harrington-Index über 5 liegt.
6. wenn der Rotationsgrad (Moe) größer als I beträgt.

Allgemein gilt, daß bei grenzwertigen Parametern immer die Faktoren betreff Alter, Wachstum, Skelettreife und Rotation entscheiden, ob eher die Krankengymnastik oder die Korsettbehandlung indiziert ist.

Fazit:

1. Es gibt sichere prognostische Kriterien zur Beurteilung der idiopathischen Skoliose im Frühstadium.
2. Einfache klinische Messungen und wenige Röntgenaufnahmen genügen, um exakte Verlaufskontrollen zu erhalten und unnötige Strahlenbelastungen zu vermeiden.
3. Es ist anhand der genannten Kriterien möglich, eine Prognose mit klaren Richtlinien für eine adäquate Therapie im Frühstadium zu stellen.

7. Tabelle: Prognostische Parameter

Faktoren	Gute Prognose Abwarten Krankengymnastik	Krankengymnastik unzureichend. Korsett empfehlenswert	Schlechte Prognose Progredienz Korsett indiziert
Alter	unter 10 Jahre über 14 Jahre		10 - 14 Jahre
Risserstadium	III und mehr	zunehmend	0 - III
Steh-/Sitzgröße	abnehmend, konst.	zunehmend	
Armspann/Stehgr.	abnehmend, konst.		
Menarche	vor mind. 1 Jahr eingetreten		noch nicht, vor kurzem eingetreten
Rippenbuckel	unter 1 cm	bis 1,5 cm	über 2 cm
Lendenwulst	unter 0,5 cm	bis 1 cm	über 1 cm
Beckentieflstand	bis 0,5 cm		über 0,5 cm
Überhang	bis 0,5 cm	bis 1 cm	über 1,5 cm
Rotationsgrad	bis I (n. Noe)		über I
Krümmungsgrad	bis 15 Grad	15 - 20 Grad	über 20 Grad
Harrington-Index	bis 2,5		über 3

• Bildlegende:

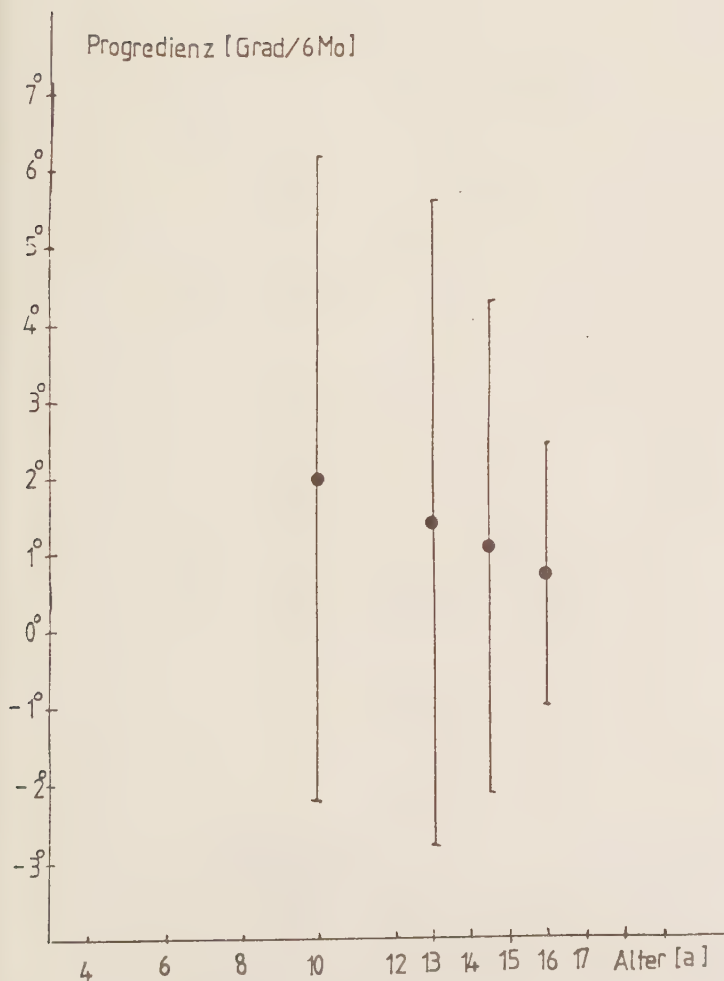


Abb. 13 : Darstellung der Krümmungszunahme in Abhängigkeit vom Alter im zeitlichen Verlauf.



Abb. 14 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit von den Risserstadien bei thorakalen Krümmungen

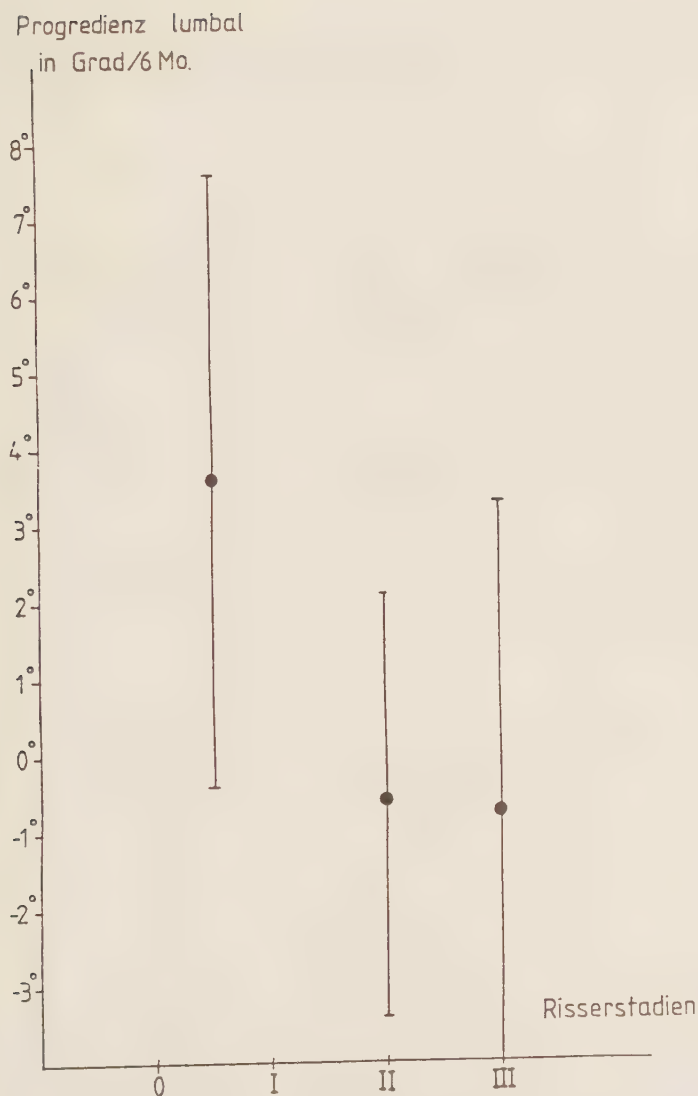


Abb. 15 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit von den Risserstadien bei lumbalen Krümmungen.

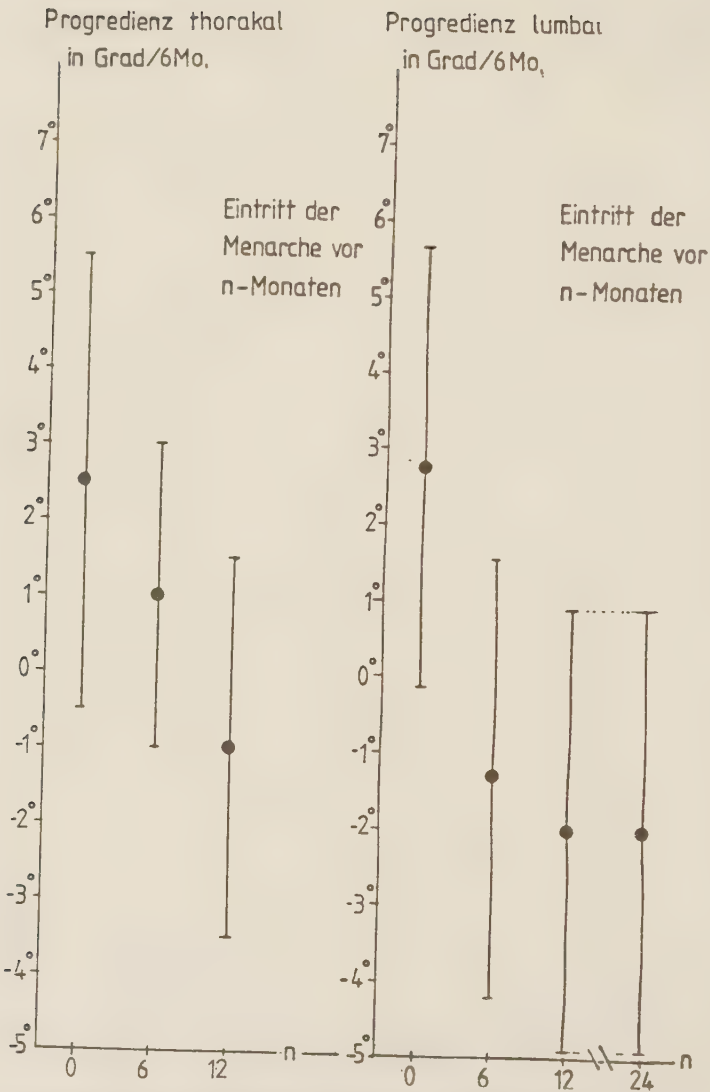


Abb. 16 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit vom Eintritt der Menarche

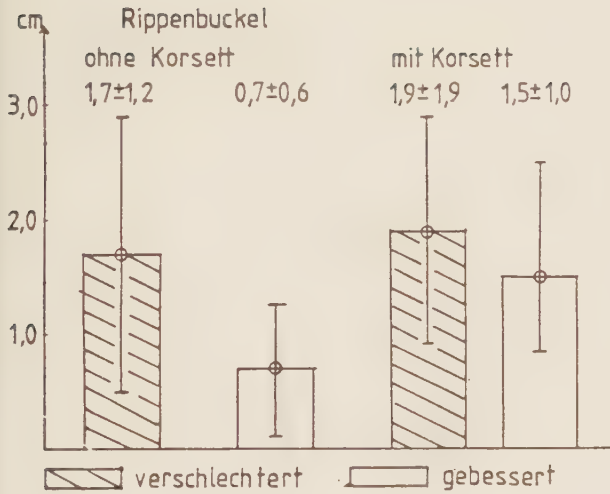


Abb. 17 : Darstellung der Rippenbuckelhöhe in den einzelnen Patientengruppen

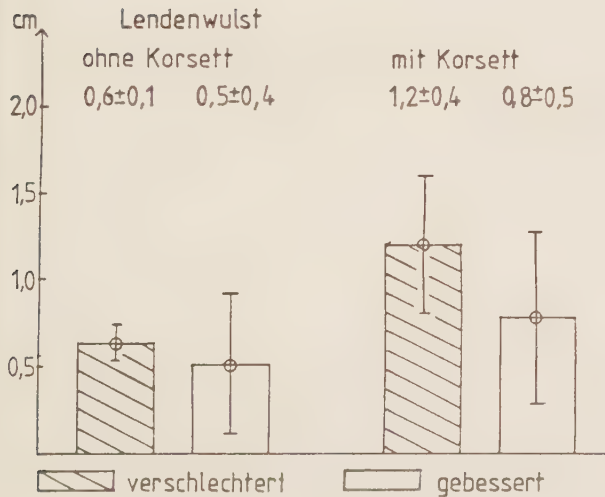


Abb. 18 : Darstellung der Lendenwulsthöhe in den einzelnen Patientengruppen

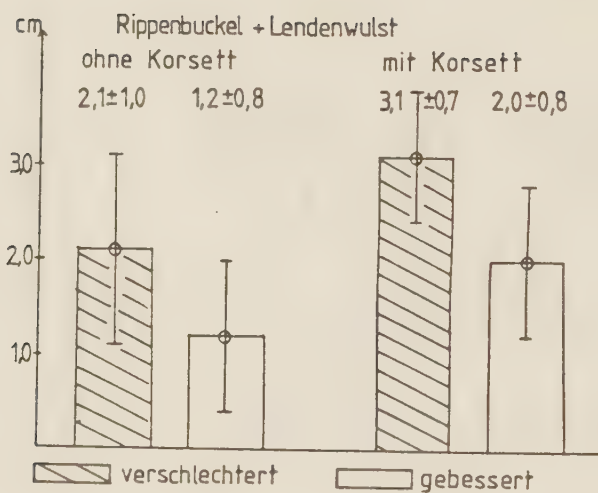


Abb. 19 : Darstellung des Summenwertes aus Rippenbuckel und Lendenwulst in den einzelnen Patientengruppen.

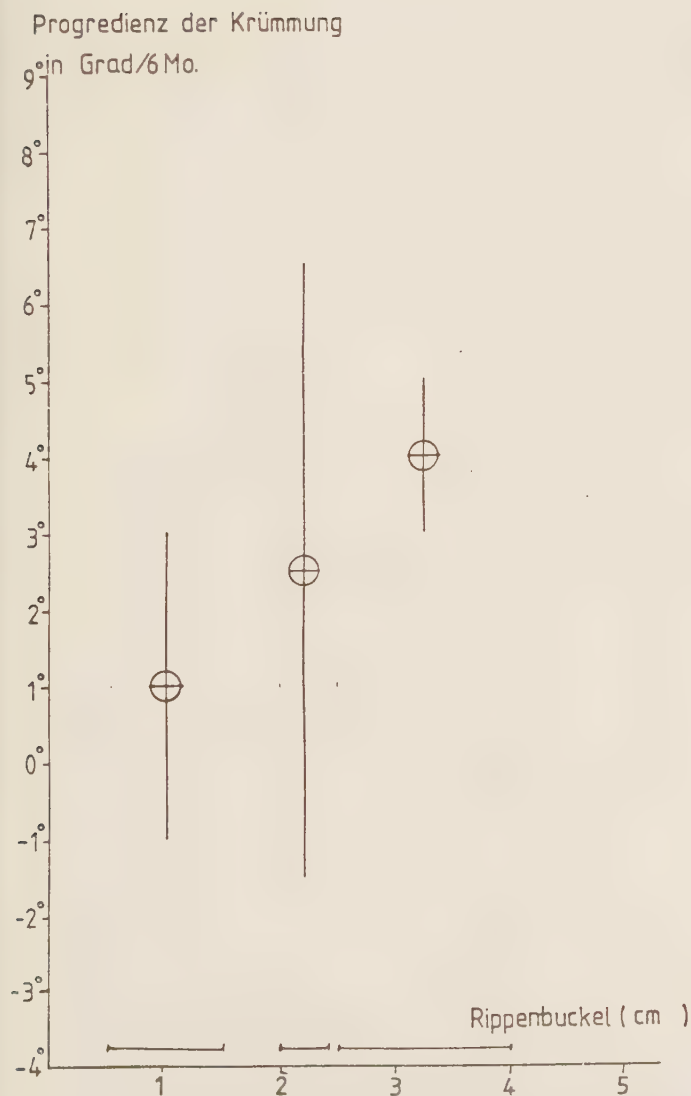


Abb. 20 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit vom Rippenbuckel.



Abb. 21 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit vom Lendenwulst.

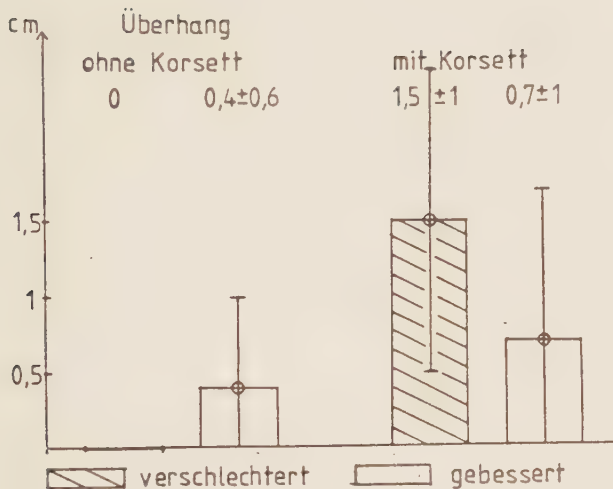


Abb. 22 : Darstellung des Thoraxüberhangs in den einzelnen Patientengruppen.

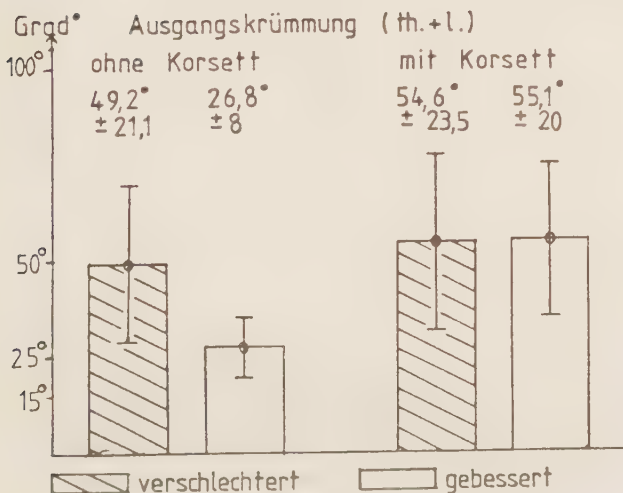


Abb. 23 : Darstellung der Ausgangskrümmung in den einzelnen Patientengruppen.



Abb. 24 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit von der Ausgangskrümmung bei thorakalen Krümmungen.

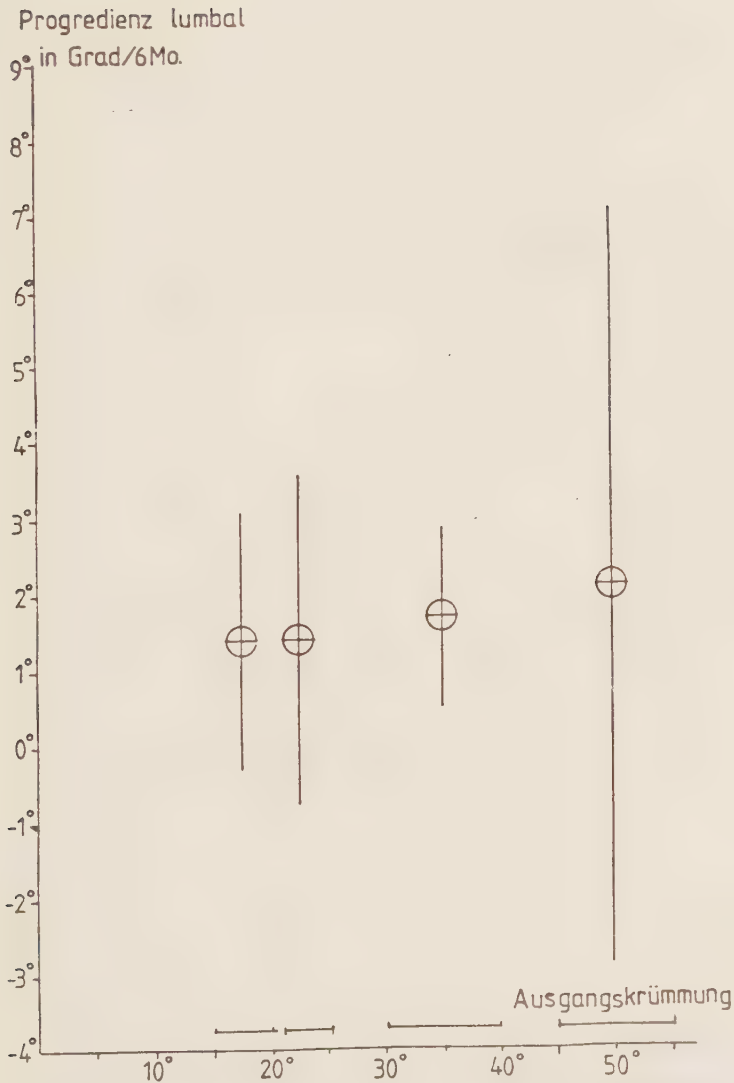


Abb. 25 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit von der Ausgangskrümmung bei lumbalen Krümmungen.

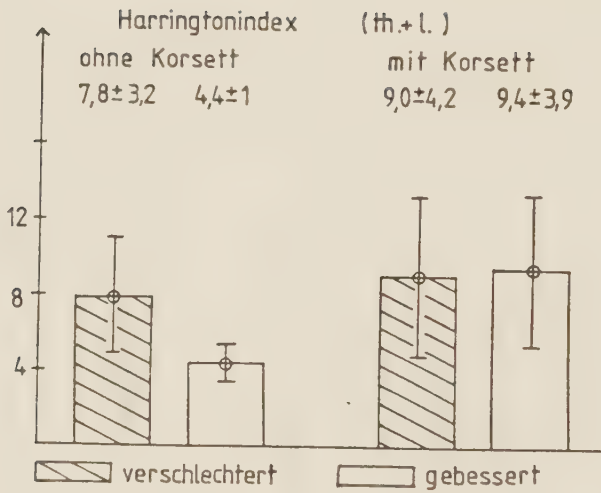


Abb. 26 : Darstellung des Harrington-Index
in den einzelnen Patientengruppen.



Abb. 27 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit vom Harrington-Index bei thorakalen Krümmungen.

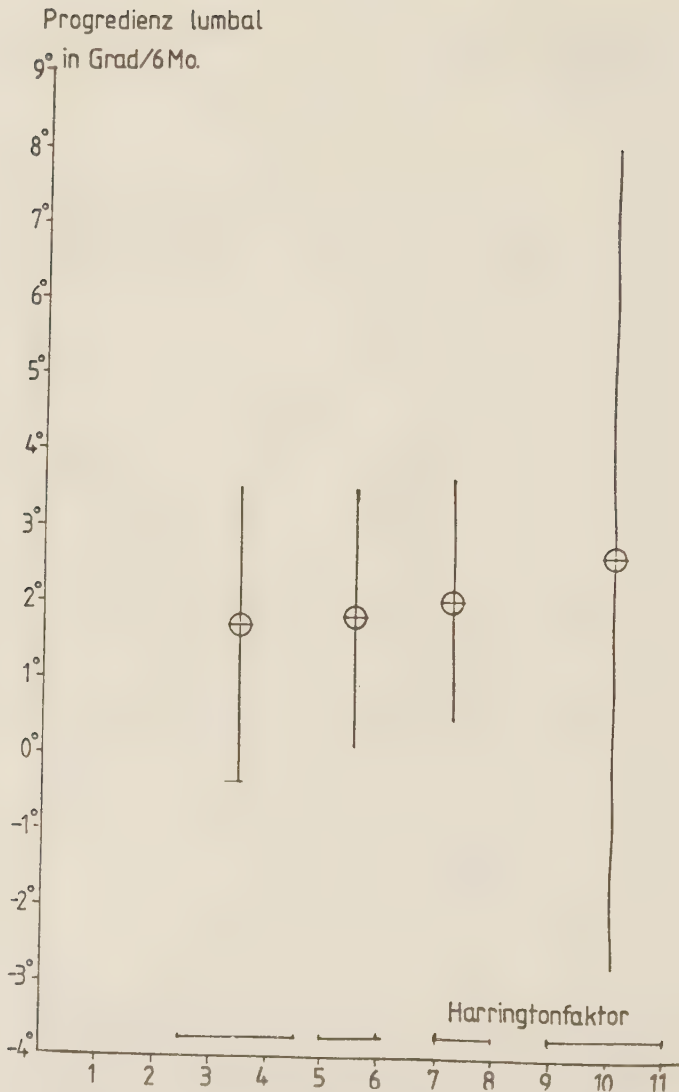


Abb. 28 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit vom Harrington-Index bei lumbalen Krümmungen.

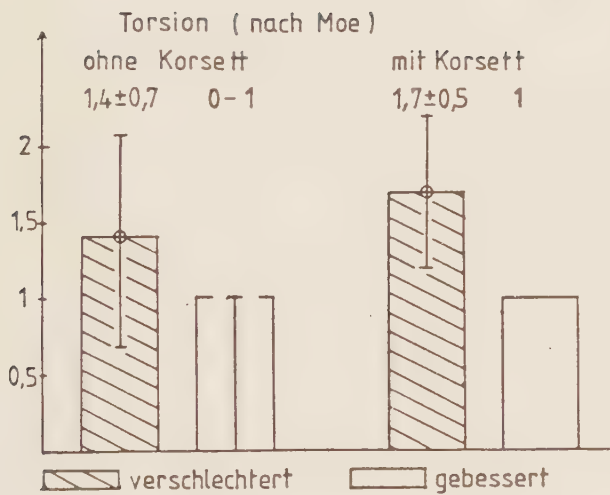


Abb. 29 : Darstellung des Rotationsgrades
(n. Moe) in den einzelnen Patienten-
gruppen.

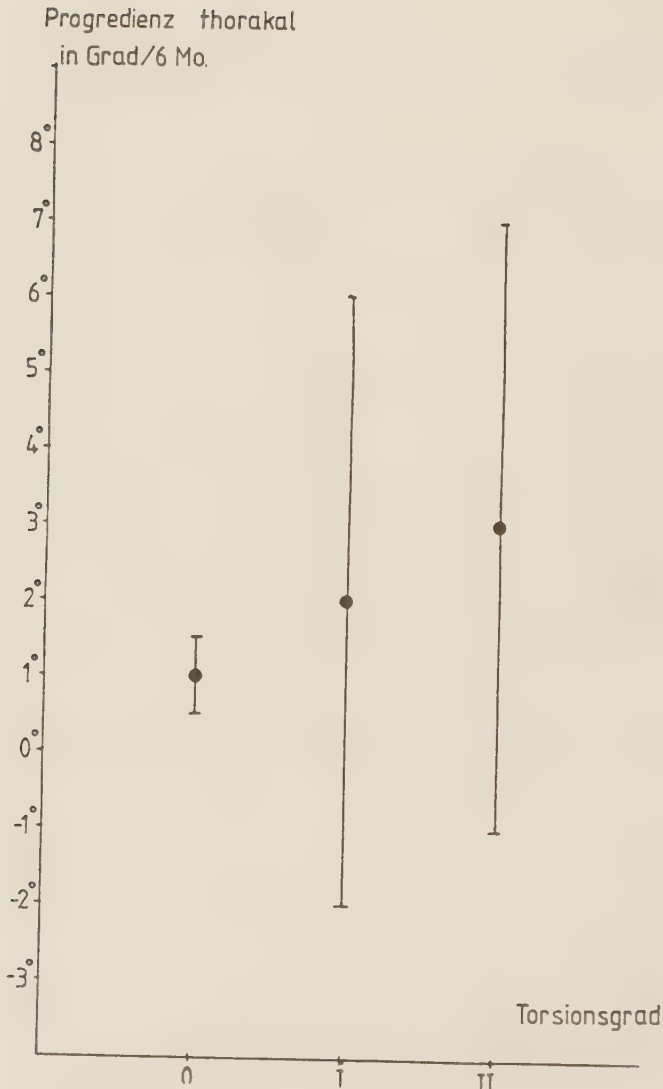


Abb. 30 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit vom Rotationsgrad bei thorakalen Krümmungen.

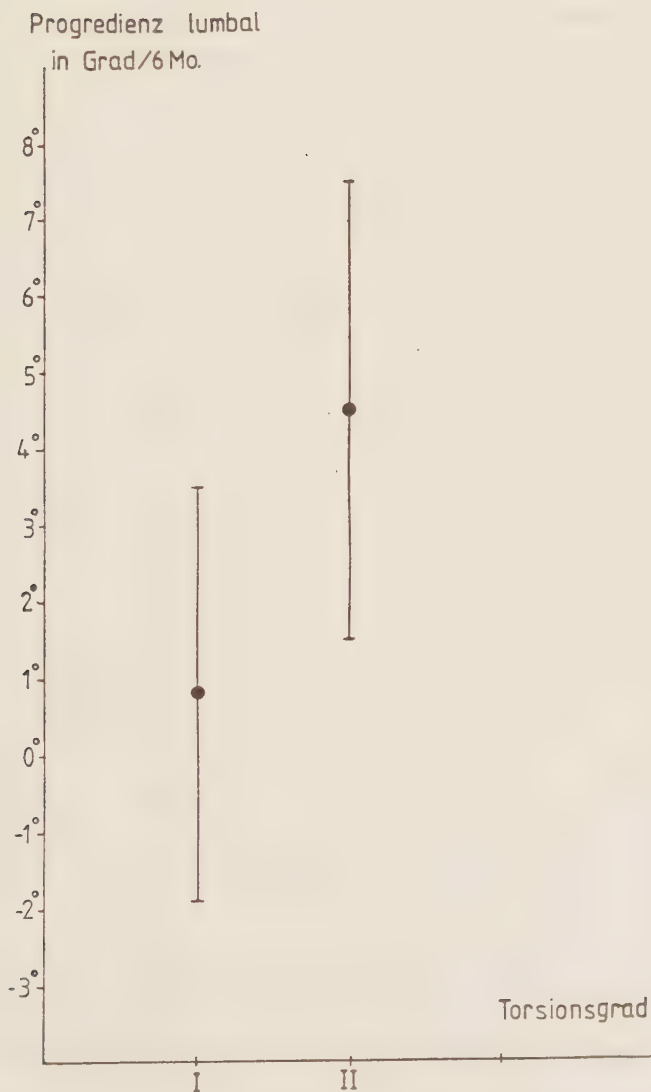


Abb. 31 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit vom Rotationsgrad bei lumbalen Krümmungen.

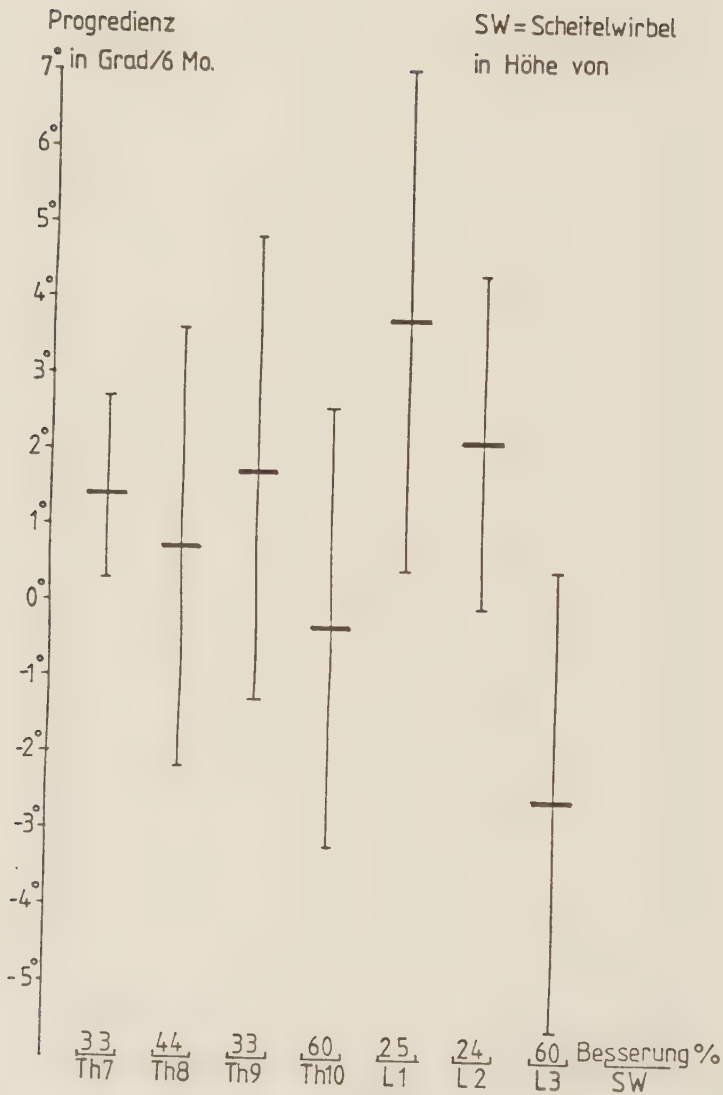


Abb. 32 : Darstellung der Progredienz in Abhängigkeit von der Höhe des Scheitelwirbels.

Auswertung der Skoliosen mit Korsett

(Durchschnittswerte) mit Korsett	Gruppe B	Gruppe A
	gebessert	verschlechtert
Alter (Jahre)	13,2	12,3
Risserstadium	II ± I	I ± I
Menarche eingetreten bei	57% vor 6½ Mo.	11% vor 1,5 Mo.
Körpergröße (cm)	154	144
Rippenbuckel (cm)	1,5 ± 1,0	1,9 ± 1,0
Lendenwulst (cm)	0,8 ± 0,5	1,2 ± 0,4
Rippenb.+Lendenw. (cm)	2,0 ± 0,8	3,1 ± 0,7
Beckentieftand (cm)	0,4 ± 0,5	0,6 ± 0,5
Ausgangskrümmung (th+l)	55,1°	54,6°
H. - Index (th+l)	9,4 ± 3,9	9,0 ± 4,2
Rotationsgrad (Moe)	I - II	II - III
Überhang (cm)	0,7 ± 1,0	1,5 ± 1,0
C-Typ/S-Typ	10%/90%	17%/83%

Abb. 33 : Tabellarischer Überblick zum Vergleich der Durchschnittswerte bei den Skoliosen, die mit Korsett behandelt wurden.

Auswertung der Skoliosen ohne Korsett

(Durchschnittswerte) ohne Korsett	Gruppe D gebessert	Gruppe C verschlechtert
Alter (Jahre)	13,2	12,1
Risserstadium	II-III	I
Menarche eingetreten bei	78% vor 6 Mo. 22% vor 24 Mo.	50% vor 1,5 Mo.
Körpergröße (cm)	160	153
Rippenbuckel (cm)	$0,7 \pm 0,6$	$1,7 \pm 1,2$
Lendenwulst (cm)	$0,5 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,4$
Rippenb. + Lendenw. (cm)	$1,2 \pm 0,8$	$2,1 \pm 1,0$
Beckentiefstand (cm)	$0,6 \pm 1,2$	0
Ausgangskrümmung (th.+l.)	$26,8^\circ$	$49,2^\circ$
H.- Index (th.+l.)	$44 \pm 1,0$	$7,8 \pm 3,2$
Rotationsgrad (Moe)	0-I	I-II
Überhang (cm)	$0,4 \pm 0,6$	0
C-Typ / S-Typ	30% / 70%	20% / 80%

Abb. 34 : Tabellarischer Überblick zum Vergleich der Durchschnittswerte bei den Skoliosen, die mit Krankengymnastik behandelt wurden.

Klinische Daten der verschlechterten Skoliosen

Der Quotient $\frac{\text{Stehgrösse}}{\text{Sitzgrösse}}$ hat bei 95% der Patienten zugenommen.

Der Quotient $\frac{\text{Armspann}}{\text{Stehgrösse}}$ hat bei 95% der Patienten zugenommen.

Der Rippenbuckel/Lendenwulst hat bei 81% der Patienten zugenommen.

Klinische Daten der gebesserten Skoliosen/konstantgebliebenen Skoliosen

Der Quotient $\frac{\text{Stehgrösse}}{\text{Sitzgrösse}}$ hat bei 100% der Patienten abgenommen.

Der Quotient $\frac{\text{Armspann}}{\text{Stehgrösse}}$ hat bei 95% der Patienten abgenommen.

Der Rippenbuckel/Lendenwulst hat sich bei 91% der Patienten gebessert oder

ist konstant geblieben.

Abb. 35 : Aussagen über die Faktoren Stehgröße, Sitzgröße und Armspann, bzw. Rippenbuckel und Lendenwulst.

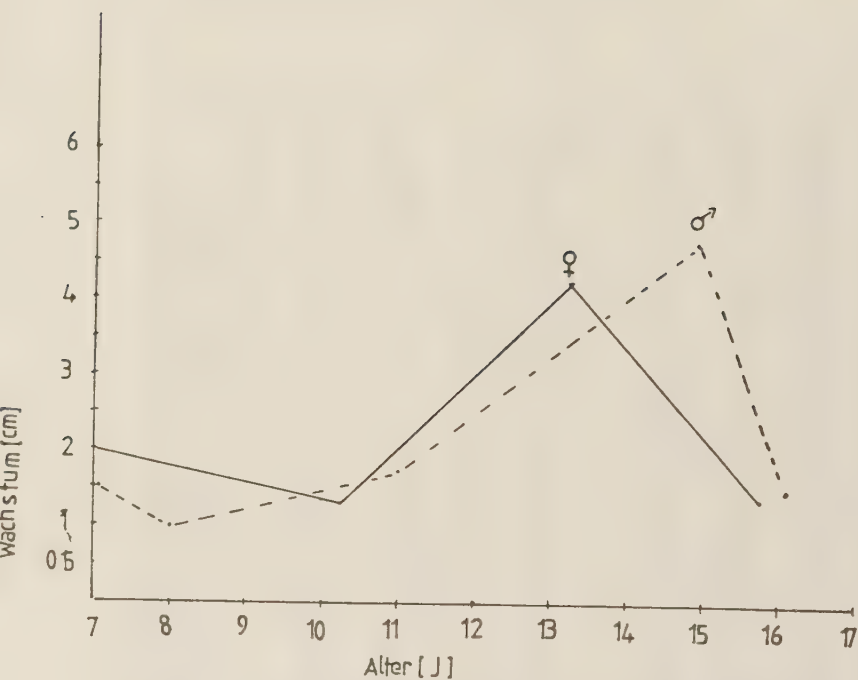
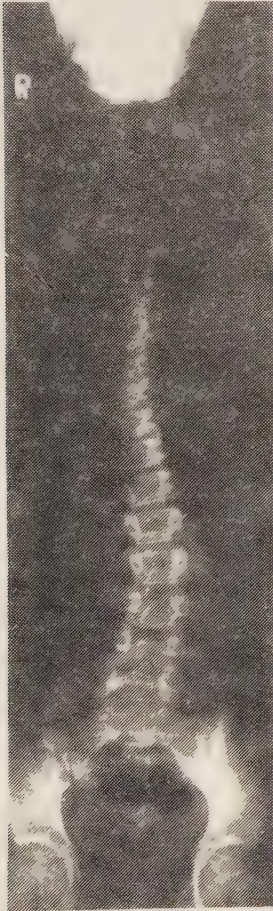


Abb. 36 : Darstellung der Beziehung des Wachstumsverlaufs zum Lebensalter (nach Tupmann, 1962. Aus: ' A study of bone growth in normal children and its relationship to skeletal maturation. J. Bone Jt. Surg. 44-B (1962) 42).

Falldemonstration:

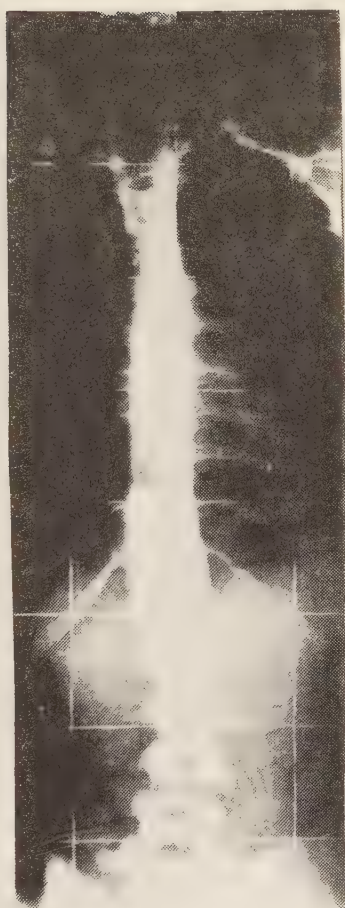
Die Abbildungen zeigen vier idiopathische Skoliosen im Verlauf, die mit Korsett bzw. Krankengymnastik behandelt wurden und konstant gehalten werden konnten, bzw. progredient wurden.



Fall 1: G. C., weibl., S-förmige thorako-lumbale Skoliose
Bild links: 11 Jahre 6 Monate alt, Krümmung thorakal 20° ,
lumbal 23° (Cobb), Rotation th: Grad I, Risserstadium 0,
keine Menarche. Bild re.: Alter 16 Jahre, Krümmung th: 42° ,
lumbal 36° , Rotationsgrad th: II - III, lumb. I - II (Moe).
Therapie: Milwaukee-Korsett, Verlauf: verschlechtert.



Fall 2: L. H. , weibl., S-förmige thorako-lumbale Skoliose
Bild links: Alter 13 Jahre 4 Monate, Krümmungswinkel
thorakal 41° , lumbal 24° (Cobb), Rotation th: Grad II - III
lumbal Grad I - II, Risserstadium 0, Menarche keine.
Bild rechts: Alter 16 Jahre, Krümmung thorakal 30° ,
lumbal 20° , Rotation thorakal Grad II, lumbal Grad I,
Risserstadium V, Menarche mit 13 Jahren 9 Monaten .
Therapie: Milwaukee-Korsett, Verlauf: gebessert.

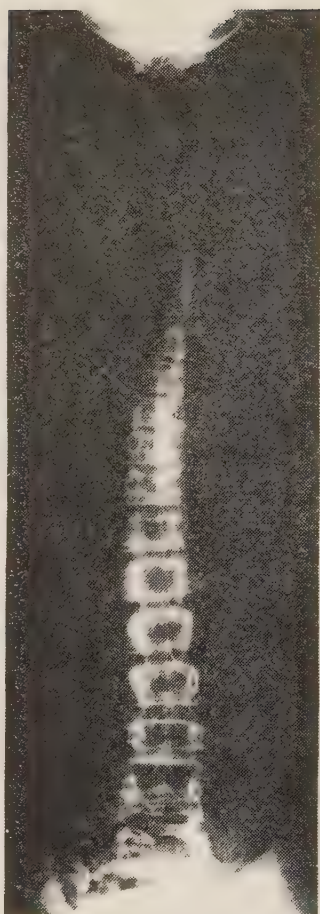
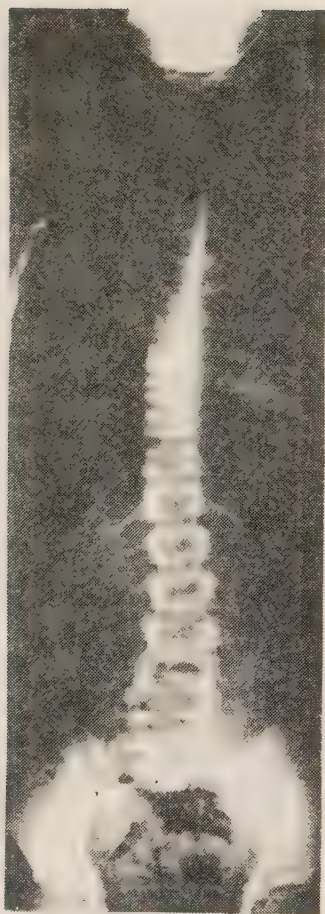


Fall 3: O. S., weibl., C-förmige Lumbalskoliose.

Bild links: Alter 5 Jahre 3 Monate, Krümmungswinkel 15° , Rotationsgrad 0 - I, Risserstadium 0.

Bild rechts: Alter 8 Jahre 6 Monate, Krümmungswinkel 25° , Rotationsgrad II, Risserstadium 0.

Therapie: Krankengymnastik, Verlauf: verschlechtert.



Fall 4: G. S., weibl., S-förmige thorako-lumbale Skoliose
Bild links: Alter 9 Jahre 9 Monate, Krümmungswinkel thorakal 15° , lumbal 12° , Rotationsgrad 0, Risserstadium 0.
Bild rechts: Alter 12 Jahre, Krümmungswinkel thorakal 12° , lumbal 10° , Rotationsgrad 0, Risserstadium 0, Menarche keine.

Therapie: Krankengymnastik, Verlauf: konstant

9. Literaturverzeichnis

- 1 Avikainen, V.J., Vaherto, H.: Über das gehäufte Vorkommen von Skoliosen. extr. orthop. Band 7/2 (1984).
- 2 Banzer, D., Risch, W.D., Wegener, O.H.: Eine neue Methode zur Messung des Rotationswinkels der Wirbelskoliose. Fortschr. Röntgenstr.132, 4 (1980) 403-405.
- 3 Bernbeck, R., Dahmen, G.: Kinderorthopädie. Thieme, Stuttgart, 1976.
- 4 Blount, W.P.: The virtue of early treatment of idiopathic scoliosis. J. Bone Jt. Surg. 63-A (3), (1981) 335.
- 5 Brooks, H.L.: Idiopathic scoliosis - Results of a prospective study. Academie Press, London 1977.
- 6 Chapchal, G., Waigand, D.: Orthopädische Therapie. Thieme, Stuttgart, 1971.
- 7 Cobb, J.R.: Outline of the study of scoliosis. Amer. Acad. Orthop. Surgery 5 (1948) 261.
- 8 Collis, D.K., Ponseti, I.V.: Long term follow-up of patients with idiopathic scoliosis non treated surgically. J.Bone Jt. Surgery. 51-A (1969) 425.
- 9 Debrunner, H.U.: Orthopädisches Diagnostikum, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart(1973) 74.
- 10 Duval-Beaupere, G.: Pathogenic relationship between scoliosis and growth. In: Zorab, P.A. (ed.), Scoliosis and growth. Livingstone, Edinburgh /London (1971) 59.
- 11 Ferguson, A.B.: Study and treatment of scoliosis. South. Med.J. (Nashville) 23 (1930) 116.

- 12 Götze, H.G.: Der Rotationsindex bei idiopathischen Thorakalskoliosen. Z. Orthop. 111 (1973) 737.
- 13 Harrington, P.R.: Biomechanics of the spine. Fremont A. Chandler Memorial Lecture, Orthop. Society, Chicago 1961.
- 14 Heine, J.: Die Lumbalskoliose. Bücherei des Orthopäden, Bd.26, Enke, Stuttgart 1980.
- 15 Jakoby, E.: Zur Prognose und Therapie der essentiellen Skoliose. Z. Orthop. 87 (1956) 383.
- 16 James, J.I.P.: Idiopathic scoliosis : The prognosis, diagnosis and operative indications related to curve patterns and the age of onset. J. Bone Jt. Surg. 36-B (1954) 36.
- 17 James, J.I.P.: Scoliosis. Livingstone, Edinburgh/London 1967.
- 18 Lange, M., Hipp, E.: Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie. Enke, Stuttgart 1981.
- 19 Lindemann, K., Mau, H.: Die Behandlung der Skoliose. In: Hohmann G., Hackenbroch M., Lindemann K., Handbuch der Orthopädie, Bd. II, Thieme, Stuttgart 1958.
- 20 Löffler, L., Rosemeyer, B.: Computertomogramm und Skoliose. MMW 126 (1984) 117.
- 21 Matzen, K.A., Milachowski, K., Weinhardt, R.: Ergebnisse der konservativen Skoliosebehandlung mit dem Milwaukee-Korsett. Z. Orthop. 121 (1983) 209.
- 22 Mau, H.: Zur Ätiopathogenese der Skoliose. In: Die Skoliose, hrsg. von Meznik, Böhler, Bd. 5, Verlagsgesellschaft Uelzen.

- 23 Mau, H.: Zur Ätiopathogenese von Skoliose, Hüft dysplasie und Schiefhals im Säuglingsalter. Z. Orthop. 117 (1979).
- 24 Moritz, M., Bauer, R., Sattler, K.: Das Boston- Korsett in der Behandlung der Skoliose. med.-orthop. Techn. 3 (1981) 76.
- 25 Nachemson, A.: A long term follow-up study of the non-treated scoliosis. Acta Orthop. Scand., 39 (1968) 466.
- 26 Mehta, M.H.: The natural history of infantile idiopathic scoliosis. J. Bone Jt. Surg., 63-B,632, 64-A,(1981) 1128.
- 27 Moe, J.H., Kettleson, D.V.: Idiopathic scoliosis - Analysis of curve patterns and the preliminary results of Milwaukee brace treatment in one hundred-sixty nine patients. J. Bone Jt. Surg. 52-A (1970)1509.
- 28 Nash, C.L., Moe, J.H.: A study of vertebral rotation. J.Bone Jt. Surg. 51-A (1969) 223.
- 29 Nilsson, U., Lundgren, K.D.: Long-term prognosis in idiopathic scoliosis. Acta Ortop. Scand. 39 (1968) 456.
- 30 Peyer, J.: Die Skoliose beim Erwachsenen. Z. Orthop.113 (1975) 577.
- 31 Ponseti, I.V., Friedman, B.: Prognosis in idiopathic scoliosis. J. Bone Jt. Surg. 32-A (1950) 381.
- 32 Ponte, A.: Prognostische Beurteilung der Wirbelrotation idiopathischer Skoliosen. In: Die Skoliose, hrsg. von Meznik, Böhler, Bd. 5, Verlagsgesellschaft Uelzen.
- 33 Risser, J.C., Ferguson, A.B.: Scoliosis: Its prognosis. J. Bone Jt. Surg. 18 (1936) 667.

- 34 Risser, J.C.: Scoliosis: Past and present. J. Bone Jt. Surg. 46-A (1964) 167.
- 35 Roaf, R.: Scoliosis. Livingstone, Edinburgh/London, 1966.
- 36 Scheier, H.J.G.: Prognose und Therapie der Skoliose. Thieme, Stuttgart 1967.
- 37 Tanner, J.M.: Some main features of normal growth in children. In: Zorab, P.A. (ed), Scoliosis and growth. Livingstone, Edinburgh/London (1971) 14.
- 38 Torell, G., Nordwall, A., Nachemson, A.: The changing pattern of scoliosis treatment due to effective screening. J. Bone Jt. Surg. 63-A (1981) 337.
- 39 Tupman, G.S.: A study of bone growth in normal children and its relationship to skeletal maturation. J. Bone Jt. Surg. 44-B (1962) 42.
- 40 Weinstein, S.L., Zavala, D.C., Ponseti, J.V.: Idiopathic scoliosis: Long-term follow-up and prognosis in untreated patients. J. Bone Jt. Surg. 63-A (1981) 702.
- 41 Weinstein, S.L., Ponseti, J.V.: Curve progression in idiopathic scoliosis. J. Bone Jt. Surg. 65-A (4), (1983) 447.
- 42 Zaoussis, A.L., James, J.I.P.: The iliac apophysis and the evolution of curves in scoliosis. J. Bone Jt. Surg. 40-B (3), (1958) 442.

Danksagung

Für die freundliche Überlassung des
Arbeitsthemas meiner Doktorarbeit
bin ich Herrn Prof. Dr. med. B. Rosemeyer
zu besonderem Dank verpflichtet.

Für die stets hilfreiche und unermüdliche
Betreuung, sowie für die vielfältigen
Anregungen möchte ich mich bei
Herrn Dr. med. L. Löffler
besonders herzlich bedanken.

Lebenslauf

- 12.07.1960 Geboren in München als Sohn des Medizinal-
direktors i. R. Dr. med. Hans Knöll und
seiner Ehefrau Barbara, geb. Mironez -
Petersen.
- 1966 Eintritt in die Grundschule in Weilheim i. OB.
- 1970 Eintritt in das Gymnasium Weilheim
- 1979 Ablegung der Allgemeinen Hochschulreife am
Gymnasium in Weilheim
- 02.05.1980 Beginn des Studiums im Fach Humanmedizin
an der LMU München im Sommersemester 1980
- 23.03.1982 Ablegung der Ärztlichen Vorprüfung
- 24.03.1983 Ablegung des Ersten Abschnitts der
Ärztlichen Prüfung
- 22.03.1985 Ablegung des Zweiten Abschnitts der
Ärztlichen Prüfung
- 27.05.1986 Ablegung des Dritten Abschnitts der
Ärztlichen Prüfung
- 09.06.1986 Erlangung der Approbation
- 02.07.1986 Tag der mündlichen Promotionsprüfung

Michael Knoell

wohnhaft in 8120 Weilheim, Kaltenmoserstr.3

